



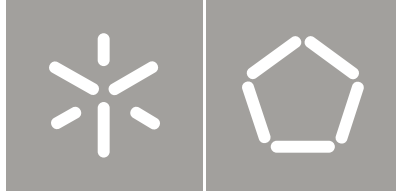
Patricia Daniela Chaves Abreu

Projeto Seis Sigma para melhoria do processo de análise de produtos defeituosos - um caso de estudo na indústria automóvel

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia







Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Patrícia Daniela Chaves Abreu

Projeto Seis Sigma para melhoria do processo  
de análise de produtos defeituosos - um caso  
de estudo na indústria automóvel

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração desta dissertação envolveu o apoio e colaboração de várias pessoas, que direta ou indiretamente contribuíram para a sua elaboração, a quem gostaria desde já de expressar os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais e restante família pelo seu carinho, compreensão, incentivo e apoio e por tornarem possível a concretização de mais um objetivo.

Aos meus amigos por toda a amizade, motivação e suporte pois sem eles nada teria sido possível.

Ao Orientador, Professor Sérgio Sousa, por todo o suporte e conhecimentos transmitidos e pela disponibilidade, orientação e apoio prestado ao longo de todo o trabalho.

À Bosch Car Multimedia Portugal S.A. e ao Departamento de Gestão da Qualidade e Métodos (QMM) pela oportunidade e pelas ótimas condições de trabalho proporcionadas.

Aos colegas da empresa que pelo seu acolhimento, apoio, simpatia e disponibilidade tornaram este projeto uma experiência única e enriquecedora.

A todos, muito obrigada!



# **Projeto Seis Sigma para melhoria do processo de análise de produtos defeituosos – um caso de estudo na indústria automóvel**

## **RESUMO**

Atualmente, as empresas encontram-se inseridas num ambiente muito competitivo em que a satisfação e lealdade dos clientes são fatores vitais para o sucesso de qualquer organização. Este facto exige a utilização de metodologias de melhoria contínua, como o Seis Sigma, que permitam melhorar a satisfação do cliente e cumprir as suas expectativas.

Nos últimos anos, a Bosch Car Multimedia Portugal S.A. tem assistido à diminuição da satisfação dos clientes em relação ao tempo de resposta das reclamações e deste modo selecionou um projeto Seis Sigma para melhorar o processo de análise de produtos defeituosos.

A presente dissertação tem por objetivo identificar as variáveis que influenciam o processo e propor melhorias para reduzir o tempo de análise de produtos defeituosos.

Seguindo a metodologia uma equipa Seis Sigma foi constituída e as metas foram definidas, sendo a duração do projeto entre os meses de abril de 2011 e outubro de 2011, contudo as melhorias só estarão todas implementadas em 2012.

Com a utilização do DMAIC em conjunto com as ferramentas da qualidade adequadas para cada fase, a equipa Seis Sigma conseguiu identificar as variáveis que influenciam o processo de análise de produtos defeituosos e implementar melhorias que levaram à redução do tempo de análise e respetiva variabilidade, melhoria do serviço ao cliente e aumento da produtividade do laboratório.

Palavras-chave: Seis Sigma, Seis Sigma aplicado a Serviços, DMAIC, Ferramentas da Qualidade, Melhoria Contínua.



# **Six Sigma Project to improve the process of analysis of defective products – a case study in the automotive industry**

## **ABSTRACT**

Currently, companies are in a competitive environment where customer satisfaction and loyalty are vital for the success of any organisation. This requires the use of continuous improvement methodologies, like Six Sigma, in order to improve customer satisfaction and meet their expectations.

In recent years, Bosch Car Multimedia Portugal SA has seen a decrease in customer satisfaction regarding the response time for complaints, therefore Bosch has selected a Six Sigma project to improve the process of analysis of defective products.

This dissertation aims to identify the variables that influence the process and propose improvements to reduce the analysis response time of defective products.

Following the methodology, a Six Sigma team was formed and the goals were defined, the duration of the project took place between the months of April and October 2011, however some of the planned improvements will only be implemented in 2012.

Using the DMAIC phases with conjunction with the appropriate quality tools for each phase, the Six Sigma team was able to identify the variables that influence the process of analysis of defective products and implement improvements that lead to a reduction in analysis response time and respective variability, improving the customer service and increasing laboratory productivity.

**Keywords:** Six Sigma, Six Sigma applied to Services, DMAIC, Quality Tools, Continuous Improvement.





# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xvii
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS .....	xix
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivos .....	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Estrutura e Organização .....	3
2 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	5
2.1 Estratégia de Investigação .....	5
2.2 Fontes Bibliográficas.....	6
2.3 Clarificação dos Tópicos de Investigação .....	7
2.4 Pesquisa Bibliográfica.....	8
3 REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA .....	11
3.1 Metodologia Seis Sigma.....	11
3.1.1 DMAIC .....	15
3.1.1.1 Definir.....	16
3.1.1.2 Medir .....	17
3.1.1.3 Analisar.....	18
3.1.1.4 Melhorar .....	19
3.1.1.5 Controlar .....	20
3.1.2 Fatores críticos de sucesso na implementação 6σ .....	21
3.2 Seis Sigma aplicado a Serviços .....	22
3.3 Lean Six Sigma .....	25
4 CASO DE ESTUDO.....	27
4.1 Definir .....	28
4.1.1 Planeamento do Projeto .....	29
4.1.2 Mapa do Processo .....	32

4.1.3	Diagrama de Tartaruga .....	34
4.1.4	Impacto e dificuldade do projeto .....	35
4.1.5	<i>Checkpoint</i> – Ponto da situação no final da fase Definir .....	37
4.2	Medir .....	37
4.2.1	Cumprimento dos prazos da análise .....	37
4.2.2	Observação do processo.....	42
4.2.3	Satisfação dos Clientes .....	43
4.2.4	Nível sigma e objetivo .....	44
4.2.5	<i>Checkpoint</i> – Ponto da situação no final da fase Medir.....	45
4.3	Analisar .....	46
4.3.1	Causas raíz .....	46
4.3.2	Observação do processo.....	48
4.3.3	<i>Checkpoint</i> – Ponto da situação no final da fase Analisar .....	53
4.4	Melhorar .....	53
4.4.1	Deslocações a PQA.....	55
4.4.2	Descrição pouco clara do defeito .....	57
4.4.3	Submeter aparelho ao processo.....	59
4.4.4	Alterações no funcionamento do Laboratório.....	60
4.4.4.1	Falta de <i>templates</i> para relatório da análise.....	60
4.4.4.2	Alterações ao funcionamento do sistema GILA.....	61
4.4.4.3	Gestão dos recursos .....	63
4.4.4.4	Formação dos técnicos.....	64
4.4.4.5	Material de uso comum fora do local de origem .....	65
4.4.4.6	Falta de telefones .....	65
4.4.5	<i>Checkpoint</i> – Ponto da situação no final da fase Melhorar.....	66
4.5	Controlar.....	66
4.5.1	Impacto e eficácia das melhorias .....	67
4.5.2	Problemas ocorridos durante a fase Controlar .....	72
4.5.3	Monitorização e controlo do processo .....	72
4.5.4	<i>Checkpoint</i> – Ponto da situação no final da fase Controlar .....	73
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	75
5.1	Conclusões e contribuições do projeto de investigação .....	75
5.2	Limitações .....	75
5.3	Sugestões para trabalhos futuros .....	76

BIBLIOGRAFIA .....	79
ANEXOS .....	83
ANEXO A.....	85
ANEXO B.....	91
ANEXO C .....	97
ANEXO D.....	101



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Número de peças defeituosas de um processo normalmente distribuído, centrado e com um desvio padrão definido (adaptada de Breyfogle III, 1999).....	12
Figura 2 – Estimativa do número de defeitos considerando uma variação da média do processo de $1,5\sigma$ (adaptada de Breyfogle III, 1999).....	13
Figura 3 – Estrutura do <i>Boxplot</i> (adaptada de George et al., 2005).....	18
Figura 4 – Comparação das vantagens da aplicação das metodologias Seis Sigma, <i>Lean Management</i> e <i>Lean Six Sigma</i> (adaptado de Arnheiter & Maleyeff, 2005) .....	26
Figura 5 – <i>Project Charter</i> .....	30
Figura 6 – Gráfico de <i>Gantt</i> do projeto.....	31
Figura 7 – Fluxograma do processo de análise .....	32
Figura 8 – Diagrama de Tartaruga .....	34
Figura 9 – Impacto e dificuldade do projeto .....	36
Figura 10 – Distribuição dos aparelhos recebidos por tipo e origem .....	38
Figura 11 – Distribuição das quantidades de aparelhos de 0km analisados pela duração da análise .....	39
Figura 12 – Distribuição das quantidades de aparelhos de campo analisados pela duração da análise.....	39
Figura 13 – Tempo médio de análise no período de 03/01/2011 – 31/05/2011 .....	40
Figura 14 – Tempo médio de análise por responsabilidade do defeito nos dispositivos de 0km .....	41
Figura 15 – Tempo médio de análise por responsabilidade do defeito nos dispositivos de campo.....	42
Figura 16 – Nível da satisfação dos clientes em relação ao tempo de resposta das reclamações.....	44
Figura 17 – Nível sigma CR 0km e campo.....	45
Figura 18 – Nível sigma DI 0km e campo .....	45
Figura 19 – <i>Mind Map</i> do processo de análise do QMM1 Lab .....	47
Figura 20 – Divisão do tempo de análise para os aparelhos 0km.....	51
Figura 21 – Divisão do tempo de esperas para os aparelhos 0km .....	51
Figura 22 – Divisão do tempo da análise para os aparelhos de campo.....	52
Figura 23 – Processo atual de deslocações a PQA .....	55

Figura 24 – Processo proposto de deslocamentos a PQA .....	56
Figura 25 – Processo atual de solicitar mais informações sobre os defeitos .....	57
Figura 26 – Exemplo de uma análise com descrição pouco clara do defeito .....	58
Figura 27 – Decisão de submeter o aparelho ao processo .....	59
Figura 28 – Template para o relatório de análise.....	61
Figura 29 – Percentagem de análises efetuadas fora do prazo antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias .....	68
Figura 30 – Tempo médio de análise antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias.....	69
Figura 31 – Variabilidade do tempo de análise antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias .....	70
Figura 32 – Nível sigma atual.....	70
Figura 33 – Nível sigma antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias .....	71
Figura 34 – Fluxograma do procedimento de análise definido.....	87
Figura 35 – Exemplo do <i>template</i> de <i>e-mail</i> com a descrição da análise .....	88
Figura 36 – Exemplo de apresentação em <i>PowerPoint</i> .....	89
Figura 37 – Quantidade de aparelhos 0km e campo analisados .....	92
Figura 38 – <i>Boxplot</i> dos aparelhos 0km e campo .....	92
Figura 39 – <i>Boxplot</i> dos aparelhos 0km CR/DI e campo CR/DI.....	93
Figura 40 – Análise global dos aparelhos 0km CR.....	93
Figura 41 – Análise global dos aparelhos 0km DI.....	94
Figura 42 – Análise global dos aparelhos campo CR .....	94
Figura 43 – Análise global dos aparelhos campo DI .....	95
Figura 44 – Tempo médio de análise em função da responsabilidade do defeito .....	95
Figura 45 – <i>Template</i> do diagrama de fluxo do processo .....	98
Figura 46 – <i>Template</i> da identificação do processo.....	99
Figura 47 – Quantidade de aparelhos 0km e campo analisados após a implementação da primeira fase de melhorias .....	102
Figura 48 – <i>Boxplot</i> de 0km e campo após implementação da primeira fase de melhorias .....	103
Figura 49 – <i>Boxplot</i> de 0km CR/DI e campo CR/DI após implementação da primeira fase de melhorias .....	103
Figura 50 – Análise global aos aparelhos 0km CR.....	104

Figura 51 – Análise global aos aparelhos 0km DI.....	104
Figura 52 – Análise global aos aparelhos campo CR .....	105
Figura 53 – Análise global aos aparelhos campo DI .....	105





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de Pesquisa .....	9
Tabela 2 – Características dos projetos Seis Sigma na indústria e nos serviços (adaptado de Johanssen, Leist, & Zellner, 2010) .....	24
Tabela 3 – Quantidade de aparelhos recebidos e analisados de 03/01/2011 a 31/05/2011	38
Tabela 4 – Percentagem de produtos defeituosos CR e DI.....	40
Tabela 5 – Detalhes da observação do processo .....	48
Tabela 6 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo a origem dos aparelhos .....	49
Tabela 7 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo os técnicos .....	49
Tabela 8 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo a responsabilidade do defeito.....	50
Tabela 9 – Problemas identificados e ações previstas .....	54
Tabela 10 – Quantidade de aparelhos recebidos e analisados após a implementação da primeira fase de melhorias .....	67



## **LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS**

AC – Assistente a Cliente

B – Não-conformidade da responsabilidade da Bosch e fornecedores

BrgP – Bosch Car Multimedia Portugal S.A.

C – Não-conformidade da responsabilidade do cliente

CDQ – Diretiva Central de Qualidade

CM – Divisão Bosch Car Multimedia

CR – Auto-rádio

CTQ – Características Críticas para a Qualidade

DI – Sistema de Navegação

DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar

DPMO – Defeitos por Milhões de Oportunidades

FIFO – Primeiro a Entrar Primeiro a Sair

FOR – Apoio à Produção em Série

GILA – Gestão Integrada do Laboratório

IQIS – Sistema Integrado de Informação da Qualidade

IQR – Intervalo Interquartil

MOE 2 – Montagem Final

n – Tamanho da amostra

PQA – Qualidade Automóvel na Fábrica

PPM – Partes por Milhão

QMM – Departamento de Gestão da Qualidade e Métodos

QMM1 – Secção de Garantia de Qualidade

QMM9 – Secção de Assistência a Clientes

QMM1 Lab – Laboratório da secção de Garantia de Qualidade

QPM – Responsável pelo Controlo da Qualidade da Linha

R – Amplitude ( $R = \text{máximo} - \text{mínimo}$ )

S – Conforme com as Especificações

SIPOC – Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes

SQW – Engenheiro Residente

TEF7 – Processos e Tecnologia de Inspeção e Ensaio

$\bar{X}$  – Média da amostra

$\sigma$  – Desvio padrão, sigma

$6\sigma$  – Seis Sigma

# 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a qualidade dos serviços tornou-se numa área relevante para os gestores e investigadores devido ao seu forte impacto na satisfação e lealdade do cliente, desempenho e lucro das empresas e custos inferiores (Seth, Deshmukh, & Vrat, 2005). A qualidade de serviço pode ser definida como o resultado da comparação entre as expectativas do cliente e a sua perceção do modo como o serviço foi efetuado (Caruana, 2000).

As vantagens competitivas e melhorias ao nível dos serviços podem ser obtidas através da aplicação de técnicas da Gestão da Qualidade como o Seis Sigma ( $6\sigma$ ) (Hendry & Nonthaleerak, 2006). O Seis Sigma é uma metodologia organizada e sistemática utilizada para melhorar o desempenho dos processos ou produtos e a qualidade dos serviços, baseando-se em métodos estatísticos e científicos (Kumar, Jiju Antony, F. J. Antony, & Madu, 2007). Esta metodologia é aplicada a processos repetitivos, sistemáticos e bem conhecidos (Kwak & Anbari, 2006; Mehrjerdi, 2011).

A utilização de metodologias de melhoria da qualidade enquadra-se no ambiente competitivo onde atua a Bosch Car Multimedia Portugal S.A, empresa onde se efetuou o caso de estudo.

Apesar do projeto de investigação não ser um projeto típico Seis Sigma (estável e repetitivo) seguiu-se a metodologia DMAIC<sup>1</sup> pois desta forma garante-se o comprometimento da direção da empresa e de toda a equipa e existem mecanismos formais de verificação do estado do projeto.

## 1.1 *Objetivos*

O objetivo da presente tese é identificar as variáveis que influenciam o processo de análise de aparelhos defeituosos, de modo a propor melhorias para reduzir o tempo de análise e a respetiva variabilidade.

---

<sup>1</sup> Da expressão anglo-saxónica Define, Measure, Analyse, Improve, Control

Como principais objetivos do projeto de investigação pretende-se:

- Definir o problema, identificando os processos e os objetivos de melhoria;
- Medir o desempenho atual do processo;
- Analisar os dados do processo com recurso às ferramentas de qualidade de modo a identificar as causas dos problemas;
- Propor e implementar soluções para aumentar o desempenho do processo;
- Controlar a implementação das ações de melhoria e avaliar o sucesso do projeto.

Como benefícios da aplicação da metodologia Seis Sigma é esperado a melhoria do serviço ao cliente, o aumento da produtividade do laboratório, a redução da quantidade de aparelhos por analisar e a melhoria dos indicadores de qualidade.

## ***1.2 Motivação***

No mundo atual as organizações têm de estar preparadas para reagir rapidamente a mudanças pois os desafios competitivos derivam dos requisitos da qualidade dos produtos e serviços por parte dos consumidores. As metodologias de melhoria contínua como o Seis Sigma assumem um papel de destaque como meios de “sobrevivência” e de manutenção da vantagem competitiva sobre a concorrência.

A administração da empresa em estudo tem perceção que um dos principais requisitos para o sucesso da organização passa por promover um elevado nível de satisfação e lealdade do cliente.

Uma vez que nos anos transatos, a empresa tem assistido à diminuição da satisfação dos clientes, em relação ao tempo de resposta das reclamações, optou por selecionar um projeto Seis Sigma para melhorar o processo de análise de produtos defeituosos.

### ***1.3 Estrutura e Organização***

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, a introdução, metodologia de investigação, revisão crítica da literatura, caso de estudo e conclusão.

No presente capítulo é apresentada uma breve introdução ao tema, seguido dos objetivos do trabalho e da motivação da autora para a seleção do tema.

No segundo capítulo é apresentada a metodologia de investigação selecionada para o desenvolvimento do projeto de investigação, através da descrição da metodologia utilizada, clarificação dos tópicos de investigação e descrição da pesquisa bibliográfica.

O capítulo seguinte apresenta a revisão crítica da literatura sobre a metodologia Seis Sigma, a sua aplicação em serviços e em conjunto com o *Lean Management*.

A análise e resultados da implementação da metodologia Seis Sigma na organização são apresentados no capítulo 4.

No quinto capítulo são expostas as principais conclusões do projeto, assim como as limitações e as sugestões para trabalhos futuros.

Por último são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas durante a realização da tese de modo a facultar ao leitor as fontes para uma leitura mais aprofundada sobre os assuntos expostos.





## 2 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

O principal objetivo deste capítulo é descrever e justificar a metodologia de estudo adotada neste projeto de investigação. A definição e a escolha da metodologia é uma fase muito importante pois é através desta que se constroem os alicerces em que se fundamenta a investigação a desenvolver.

Patel & Davidson (1994) define a metodologia como tudo o que está relacionado com as atividades envolvidas na pesquisa, enquanto para Holme & Solvang (1991) metodologia é tudo o que ajuda o investigador a encontrar a solução final para o problema e obter conhecimento. Saunders et al. (2007) afirma que a metodologia de investigação pretende auxiliar na condução da investigação e participar na elaboração de uma estratégia adequada, de modo a atingir-se todos os objetivos propostos.

### 2.1 *Estratégia de Investigação*

Segundo Saunders et al. (2007) as estratégias de investigação dividem-se em:

- Experimentação;
- Sondagem/levantamento;
- Caso de Estudo;
- Investigação-ação;
- Teoria fundamentada;
- Etnografia;
- Investigação documental.

O mesmo autor defende que não há estratégias de investigação perfeitas, sendo que nenhuma é melhor ou pior do que outra. A escolha da estratégia de investigação depende da capacidade em responder às perguntas de investigação e cumprimento dos objetivos, assim como a quantidade de tempo e de recursos disponíveis. Apesar das estratégias de investigação estarem divididas elas podem ser combinadas, por exemplo uma estratégia de sondagem pode ser utilizada num caso de estudo.

De acordo com as perguntas e objetivos do projeto de investigação decidiu-se selecionar para estratégia de investigação o Caso de Estudo. Esta metodologia visa o desenvolvimento de conhecimento detalhado e intensivo sobre um caso ou um pequeno número de casos relacionados, sendo uma estratégia útil para responder às perguntas “porquê”, “o quê” e “como”. O Caso de Estudo pode ser uma forma válida de explorar ou questionar a teoria existente e fornecer novas hipóteses de pesquisa (Saunders et al., 2007; Yin, 2003).

Na recolha de dados podem ser utilizadas várias técnicas como (Saunders et al., 2007):

- Entrevistas,
- Observação direta,
- Análise de registos, arquivos e documentos;
- Inquéritos.

A técnica de recolha de dados selecionada depende do tipo de investigação que se pretende realizar, mas quantas mais técnicas se utilizarem melhores e mais fiáveis serão os resultados (Yin, 2003).

Durante este projeto as técnicas de recolha de dados utilizadas foram as entrevistas aos técnicos e coordenador do laboratório, a observação direta do processo e a consulta de documentação relacionada com o processo de análise e o laboratório.

## **2.2 Fontes Bibliográficas**

As fontes bibliográficas disponíveis ajudam a desenvolver um bom conhecimento sobre o tema em estudo, podendo ser divididas em três categorias: fontes primárias, fontes secundárias e fontes terciárias. As diferentes categorias das fontes bibliográficas representam o fluxo de informação da fonte original, o fluxo de informação das fontes primárias para as secundárias e para as terciárias é menos detalhado e específico mas de mais fácil acesso e localização (Saunders et al., 2007).

As fontes primárias são os primeiros outputs de trabalho, nelas se incluem os relatórios, teses, *emails*, publicações governamentais, relatórios de empresas e *proceedings* de conferências. Nas fontes secundárias inserem-se os livros, jornais, revistas e artigos científicos e são as publicações subsequentes da literatura primária, destinando-se a uma audiência mais vasta pois são mais fáceis de localizar do que as primárias. As fontes terciárias são utilizadas para auxiliar a localização de literatura primária ou secundária e delas fazem parte os *indexs*, resumos, catálogos, enciclopédias, dicionários, bibliografias e *index* de citações (Yin, 2003).

O uso das diferentes fontes depende das questões e objetivos do projeto de investigação, da necessidade de fontes secundárias para lhes dar resposta e do tempo disponível. Para alguns projetos apenas é necessário recorrer às fontes secundárias e terciárias enquanto para outros será também necessário recorrer às primárias. De um modo geral, a maioria dos projetos de investigação faz um uso intensivo das fontes secundárias (Saunders et al., 2007). Durante a pesquisa bibliográfica do presente projeto de investigação foram utilizadas fontes primárias e fontes secundárias.

### ***2.3 Clarificação dos Tópicos de Investigação***

Com a realização deste trabalho pretende-se aplicar a metodologia Seis Sigma num laboratório de análise de produtos reclamados.

Os tópicos de investigação do presente trabalho foram os seguintes:

- Identificar as variáveis que influenciam o processo de análise de aparelhos defeituosos;
- Melhorar o processo através da redução do tempo de análise e da respetiva variabilidade.

## ***2.4 Pesquisa Bibliográfica***

A pesquisa bibliográfica é um processo longo pois é necessário analisar e relacionar muita informação, deste modo um bom planeamento da pesquisa bibliográfica é essencial para o sucesso e eficiência do projeto de investigação (Saunders et al., 2007).

Para o caso em estudo o planeamento da pesquisa bibliográfica incluiu:

- Definição dos parâmetros da pesquisa;
- Geração das palavras-chave e termos de pesquisa;
- Definição das bases de dados e motores de busca.

A definição com clareza dos parâmetros de pesquisa permite encontrar de um modo eficiente informação relacionada com o projeto. Estes parâmetros dividem-se em termos da língua de publicação, área de estudo, setor de negócio, área geográfica, período de publicação e tipo de literatura. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de pesquisa definidos.

**Tabela 1 – Parâmetros de Pesquisa**

Parâmetro	Centralização
<b>Língua da publicação</b>	Inglês Português
<b>Área de estudo</b>	Seis Sigma Ferramentas da Qualidade
<b>Setor de negócio</b>	Produção Industrial Serviços
<b>Área geográfica</b>	Europa Estados Unidos da América
<b>Período de publicação</b>	Últimos 10 anos
<b>Tipo de literatura</b>	Teses Relatórios Académicos Livros Artigos Científicos

Como se verifica pela tabela anterior, o tipo de literatura utilizado durante a pesquisa bibliográfica foram fontes primárias (teses e relatórios académicos) e fontes secundárias (livros e artigos científicos).

A essência do planeamento da pesquisa bibliográfica é a definição das palavras-chave. As palavras-chave são os termos básicos que descrevem as questões e objetivos da investigação e é a partir das mesmas que se obtém informações relevantes (Saunders et al., 2007). Durante a pesquisa, as palavras-chave mais utilizadas foram as seguintes (usadas de forma isolada ou conjugadas):

- *Six Sigma;*
- *DMAIC Methodology;*
- *Application of Six Sigma;*
- *Six Sigma in services;*
- *Process Improvement;*
- *Quality Management.*

As bases de dados e motores de busca são um modo prático e fácil de recolher a informação necessária. No presente trabalho foram utilizados os seguintes motores de busca:

- <http://isiknowledge.com>;
- <http://b-on.pt>;
- <http://sdum.uminho.pt>;
- <http://scholar.google.pt>.

### **3 REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA**

Segundo Saunders et al. (2007) existem duas razões principais para a revisão da literatura: a pesquisa preliminar que ajuda a gerar e refinar ideias de investigação e demonstrar o estado atual do conhecimento sobre o tema.

O presente capítulo é dedicado à revisão crítica da literatura sobre o tema em estudo, o Seis Sigma.

#### ***3.1 Metodologia Seis Sigma***

A Gestão da qualidade tem sido definida como uma estratégia importante para alcançar vantagens competitivas e melhorias. Conceitos tradicionais como Controlo Estatístico da Qualidade e do Processo, Zero Defeitos e Gestão da Qualidade Total tem sido muito utilizados ao longo dos anos enquanto o Seis Sigma é uma iniciativa mais recente mas que tem vindo a ganhar popularidade e aceitação em muitas indústrias de todo o mundo (Hendry & Nonthaleerak, 2006).

O Seis Sigma é uma metodologia organizada e sistemática utilizada para melhorar o desempenho dos processos/produtos e a qualidade de serviço através da redução da variação, baseando-se em métodos estatísticos e científicos (Kumar et al., 2007).

Foi introduzido em 1986 na Motorola em resposta aos problemas associados a muitas reclamações dos clientes no período de garantia. O sucesso da implementação na Motorola não foi só ao nível da redução da taxa de defeitos mas também no aumento da produtividade, aumento da qualidade de serviço e da satisfação do cliente e redução dos custos de operação e de fraca qualidade (Jiju Antony, 2006; Mehrjerdi, 2011; Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000). Numa primeira fase, o Seis Sigma apenas era utilizado na indústria, pois esta lidava com processos repetitivos bem conhecidos. Devido aos benefícios da sua implementação, o campo de atuação do Seis Sigma foi alargado para a área dos serviços, de modo a reduzir a variabilidade e os defeitos do processo (Kwak &



Anbari, 2006; Mehrjerdi, 2011). A implementação desta metodologia trouxe benefícios significativos para as empresas, como é o caso da Motorola ou da General Electric para as indústrias de produção, e do City Bank, American Express e Zurich Financial Services nos serviços (Jiju Antony, 2006).

Segundo Kwak & Anbari (2006) a metodologia Seis Sigma tem duas perspetivas fundamentais, o ponto de vista estatístico e o ponto de vista dos negócios.

Do ponto de vista estatístico, para um processo centrado e seguindo uma distribuição normal,  $6\sigma$  significa, a curto prazo, 0,002 defeitos por milhão (ppm) ou uma percentagem de produtos em conformidade na ordem dos 99,9999998%, onde a letra do alfabeto grega  $\sigma$  é utilizada para identificar a variabilidade sobre a média do processo (Breyfogle III, 1999).

Na Figura 1 é apresentada uma representação do número de defeitos por milhão para um processo em que os dados estão centrados dentro dos limites e tem um desvio padrão definido. Um produto é considerado defeituoso se se encontrar fora dos limites de especificação superior (LSE) ou inferior (LIE).

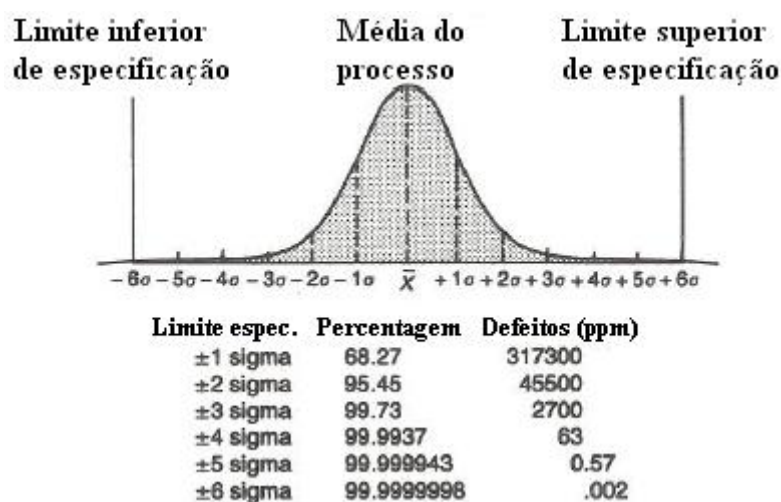


Figura 1 – Número de peças defeituosas de um processo normalmente distribuído, centrado e com um desvio padrão definido (adaptada de Breyfogle III, 1999)

De acordo com a metodologia, um processo seguindo uma distribuição normal só atinge o nível seis sigma quando as especificações do produto se encontram a  $\pm 6\sigma$  do valor alvo

do processo, o que corresponde a um índice capacidade do processo ( $C_p$ ) de dois (Equação 1).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{12\sigma}{6\sigma} = 2$$

Equação 1 – Cálculo do índice capacidade

No longo prazo a média do processo tende a variar  $\pm 1,5\sigma$ , ficando nesse caso o LSE ou o LSI a  $4,5\sigma$  da média do processo o que conduz a 3,4 ppm e 99,99966% dos produtos conforme as especificações (Figura 2).

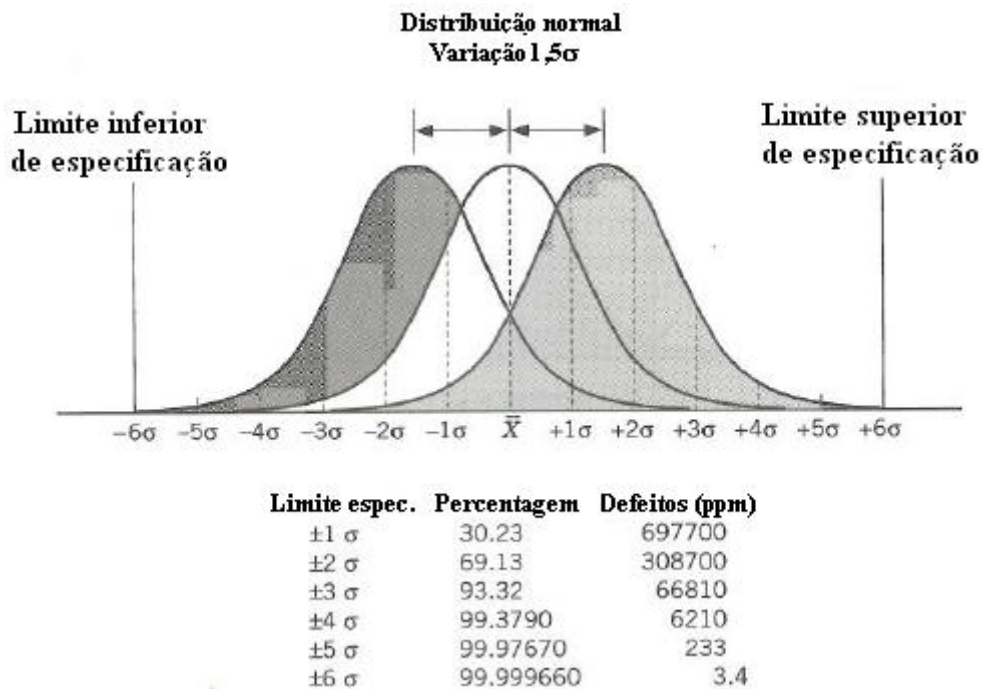


Figura 2 – Estimativa do número de defeitos considerando uma variação da média do processo de  $1,5\sigma$   
(adaptada de Breyfogle III, 1999)

O nível sigma é uma métrica utilizada para descrever a capacidade de um processo para cumprir as especificações, e quanto mais alto for esse valor melhor é a performance do processo e menor é a probabilidade de ocorrerem defeitos (Breyfogle III, 1999; Ricardo Banuelas Coronado & Jiju Antony, 2002; Mehrjerdi, 2011). Os defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) ou partes por milhão (ppm) são métricas utilizadas para definir a qualidade dos processos. O DPMO é utilizado na metodologia Seis Sigma para calcular o

nível sigma do projeto enquanto os ppm são mais usados num contexto industrial para determinar a qualidade das peças (Pande et al., 2000).

No cálculo dos ppm apenas é considerado o número de defeitos e a quantidade inspecionada mas no cálculo dos DPMO também se considera o total de oportunidades de ocorrência de defeitos (Bosch Car Multimedia, 2011). Uma oportunidade é definida como qualquer possibilidade de não conformidades ou não cumprimento das especificações requeridas (Mehrjerdi, 2011). Na Equação 2 encontra-se a fórmula para o cálculo do DPMO.

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de defeitos}}{\text{Total de Oportunidades} * \text{Quant. inspecionada}} \times 10^6$$

Equação 2 – Cálculo do DPMO

Quanto mais baixo o DPMO maior é o nível sigma, ou seja, menos defeitos e melhor qualidade dos produtos ou serviços. Na Equação 3 encontra-se a fórmula para o cálculo dos ppm.

$$ppm = \frac{N^{\circ} \text{ de defeitos}}{\text{Quant. inspecionada}} \times 10^6$$

Equação 3 – Cálculo dos ppm

Em relação aos ppm, o objetivo para qualquer processo é atingir o valor zero pois quanto menor o valor dos ppm melhor é a qualidade dos produtos (Bosch Car Multimedia, 2011).

Do ponto de vista dos negócios, o Seis Sigma é definido como uma estratégia usada para melhorar a rentabilidade do negócio, aumentar a eficácia e a eficiência de todas as operações para ir ao encontro ou exceder as necessidades e expectativas dos clientes (J. Antony & R.B. Coronado, 2001).

### 3.1.1 DMAIC

Um projeto típico Seis Sigma para melhoria da qualidade segue uma metodologia estruturada de resolução de problemas, o DMAIC, que consiste em definir (D) e medir (M) o problema, analisar (A) os dados para descobrir as causas raiz, melhorar (I) o processo de modo a remover as causas raiz e controlar (C) ou monitorizar o processo para prevenir o reaparecimento dos defeitos (Jiju Antony, 2006; George, Maxey, Rowlands, & Upton, 2005; Liebermann, 2011; Pepper & Spedding, 2010).

Em cada fase é utilizada um conjunto de ferramentas e técnicas da qualidade com o propósito de tornar todo o processo objetivo e mensurável, permitindo analisar o desempenho do sistema atual, propor melhorias e manter o sistema sob controlo (George et al., 2005; Pepper & Spedding, 2010). A passagem de uma fase para a próxima envolve o cumprimento de um *checkpoint* que permite confirmar se os objetivos dessa fase foram cumpridos (Liebermann, 2011).

O êxito da utilização do DMAIC está na metodologia estruturada sendo que a lógica que liga as diferentes fases é a chave para o sucesso. Para a maioria dos projetos é muito arriscado saltar qualquer passo do DMAIC pois pode interferir no sucesso da resolução dos problemas, caso a solução seja óbvia e os riscos mínimos pode-se tentar saltar alguns passos, mas antes de se tomar essa decisão as seguintes questões devem ser respondidas:

- Que dados existem para comprovar que a melhoria proposta é a melhor solução possível?
- Como se pode assegurar que a solução irá realmente resolver o problema?
- Quais as desvantagens da aplicação da proposta de melhoria?

Se não houver dados que permitam responder às perguntas anteriores e apesar das soluções serem óbvias é necessário seguir um projeto DMAIC completo seguindo todas as fases (George et al., 2005).

A metodologia DMAIC é recomendada para processos existentes e quando as causas do problema são desconhecidas e pouco claras. Uma das mais-valias é não se focar apenas em ferramentas do Seis Sigma e incorporar outros conceitos como análise financeira e

análise e planeamento do projeto (Chakrabarty & Tan, 2007; George et al., 2005; Mehrjerdi, 2011). Em comparação com outros métodos de melhoria da qualidade como o ciclo PDCA<sup>2</sup> (Planear, Fazer, Verificar, Agir), o DMAIC recorre a uma estrutura mais detalhada para melhorar os processos mas necessita de recursos humanos com formação específica o que representa, tipicamente, um custo superior (Breyfogle III, 2003; Pepper & Spedding, 2010).

### 3.1.1.1 Definir

A primeira fase do DMAIC consiste na definição do âmbito do projeto e dos objetivos de melhoria em termos dos requisitos e expectativas dos clientes e do processo. As questões chave desta fase são (Ricardo Banuelas Coronado & Jiju Antony, 2002; Mcclusky, 2000; Pande et al., 2000):

- Definição do problema;
- Definição do âmbito e das fronteiras do projeto;
- Identificar os clientes;
- Definir a equipa do projeto;
- Definir os requisitos e expectativas dos clientes;
- Estimar o impacto do projeto em termos monetários;
- Estabelecer os *inputs* e *outputs* do processo.

Segundo Abdolshah (2009) e Mehrjerdi (2011) as ferramentas mais adequadas para uma completa definição do projeto são o *Project Charter*, fluxograma do processo, diagrama SIPOC<sup>3</sup> (Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes), análises dos *stakeholders*, definição das características críticas para a qualidade (CTQ) e diagrama de tartaruga.

No *Project Charter* deve ser clarificado o âmbito e as fronteiras do projeto, os benefícios fundamentais para os clientes externos e internos, os recursos requeridos, a planificação das tarefas e a equipa do projeto bem como as suas responsabilidades (Jiju Antony, 2006).

---

<sup>2</sup> Da expressão anglo-saxónica *Plan, Do, Check, Act*

<sup>3</sup> Da expressão anglo-saxónica *Suppliers, Input, Process, Output, Customer*

O diagrama SIPOC é uma ferramenta que permite destacar e apresentar a informação crítica para o projeto, ajudando a equipa e o patrocinador a identificar as fronteiras e as atividades chave do processo (George et al., 2005).

O diagrama de tartaruga tem como objetivo visualizar e compreender o processo em estudo, de modo a identificar todas as variáveis que têm influência no processo: as pessoas envolvidas, materiais e equipamentos, *inputs*, procedimentos e processos de suporte, indicadores de desempenho e de satisfação e as saídas (Bosch Car Multimedia, 2011).

### 3.1.1.2 Medir

De um modo geral o objetivo da fase de medir é recolher dados sobre o estado atual do processo de modo a medir a performance atual (George et al., 2005).

Nesta fase pretende-se decidir o que medir (CTQ) e como medir, estabelecer um sistema simples de medida, determinar a eficiência do processo em estudo comparativamente com outros (*benchmarking*) (Jiju Antony, 2006).

Para auxílio na medição do processo em estudo podem ser usadas as seguintes ferramentas (Abdolshah, 2009; Mehrjerdi, 2011):

- Diagrama de *Pareto*;
- Histogramas;
- Gráficos de controlo;
- Diagrama *Boxplot*;
- Eficiência do processo;
- Análise do Sistema de Medição (M.S.A.<sup>4</sup>).

O diagrama *Boxplot* permite observar de um modo rápido a distribuição dos dados, bem como as variações ocorridas no processo em análise, permitindo uma fácil comparação entre conjuntos de dados. Tipicamente, o *Boxplot* é um resultado da análise estatística.

---

<sup>4</sup> Da expressão anglo-saxónica *Measurement System Analysis*

No *Boxplot*, a "caixa" representa a gama de valores que incluem 50% dos dados enquanto a linha que a divide mostra a mediana. O intervalo interquartil (IQR) representa a distância compreendida entre o primeiro e terceiro quartil. Os valores maiores que o Q3 ou menores que o Q1 por mais que 1,5 vezes o IQR são denominados *outliers*. Em muitos casos os *outliers* refletem erros na recolha de dados, mas no caso de serem valores reais são um bom instrumento para investigar o que aconteceu com o processo nessa ocasião (George et al., 2005; Breyfogle III, 2003).

Na Figura 3 é apresentada a estrutura do diagrama *Boxplot*.

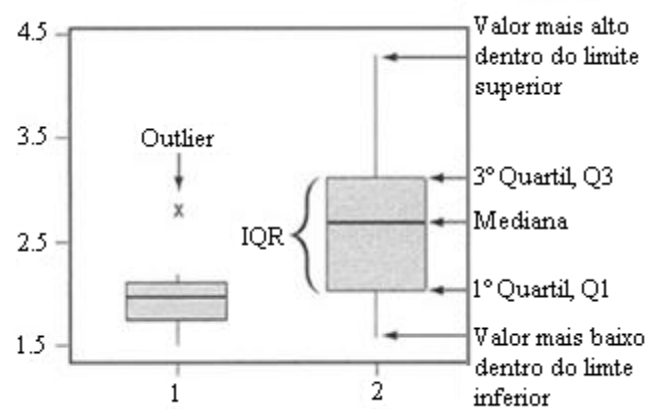


Figura 3 – Estrutura do *Boxplot* (adaptada de George et al., 2005)

### 3.1.1.3 Analisar

O principal objetivo da terceira fase do DMAIC é analisar as causas dos defeitos e as fontes de variação para o processo (Abdolshah, 2009).

Nesta fase pretende-se determinar os *inputs* críticos para o projeto, analisar o fluxograma do processo, analisar os dados recolhidos na fase de medir, determinar as causas raiz do problema e “priorizar” as oportunidades para melhorias futuras (Jiju Antony, 2006; George et al., 2005).

Algumas técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar na procura das causas raiz do problema e nas relações de causa-efeito, como por exemplo (Abdolshah, 2009):

- *Brainstorming*;

- Diagrama de causa-efeito;
- Análise da causa raíz;
- Os “Cinco Porquês”;
- Diagrama de *Ishikawa*;
- Análise da variação.

O *Brainstorming* é uma ferramenta utilizada para produzir ideias ou soluções sobre um problema num curto período de tempo, de modo a estimular o processo do pensamento criativo e permitir que todas as ideias do grupo sejam consideradas (George et al., 2005).

#### 3.1.1.4 Melhorar

A fase de melhorar tem como objetivo considerar as causas encontradas na fase de análise e seleccionar e objetivar soluções para eliminar tais causas. As questões chave da fase melhorar são (Bañuelas, Jiju Antony, & Brace, 2005; Jiju Antony, 2006):

- Desenvolver potenciais soluções para fixar os problemas e prevenir a sua recorrência;
- Medir o impacto de cada potencial solução usando a matriz critério de decisão
- Determinar os recursos (tempo, esforço, capital) necessários para a implementação das soluções;
- Avaliar os riscos associados às potenciais soluções;
- Implementar as ações planeadas;
- Validar as melhorias através de testes piloto;
- Reavaliar o impacto das potenciais soluções escolhidas.

Para melhorar a eficiência do processo podem ser utilizadas algumas técnicas que auxiliam no desenvolvimento e implementação de melhorias, como por exemplo (Abdolshah, 2009):

- *Brainstorming*;



- Análise dos modos de falhas e efeitos (FMEA<sup>5</sup>);
- Análise custo-benefício;
- Análise dos *Stakeholders*;
- Método 5S's e *Kaizen*.

### 3.1.1.5 Controlar

Após a identificação das causas raiz do problema e implementação de ações de melhoria a próxima etapa consiste na fase de controlo. Esta fase tem o objetivo de implementar medidas contínuas e ações para sustentar as melhorias realizadas através da monitorização, padronização e documentação do processo de modo a impedir que o problema volte a ocorrer (Abdolshah, 2009; Pande et al., 2000).

De modo a garantir o sucesso desta fase alguns procedimentos chave devem ser considerados (Jiju Antony, 2006):

- Desenvolver ações corretivas para sustentar as melhorias ao nível do desempenho do processo;
- Desenvolver novos *standards* e procedimentos para assegurar ganhos a longo prazo;
- Documentar os novos métodos;
- Implementar planos de controlo do processo e determinar a capacidade do processo;
- Verificar os benefícios e poupanças do projeto;
- Fechar o projeto, finalizar a documentação e partilhar as lições aprendidas com o projeto;
- Publicar os resultados internamente ou externamente e reconhecer a contribuição dos membros da equipa.

O diagrama de *Pareto* e os gráficos de controlo da qualidade do processo são ferramentas muito úteis nesta fase pois permitem comparar o antes e o depois da implementação das melhorias realizadas (Abdolshah, 2009).

---

<sup>5</sup> Da expressão anglo-saxónica *Failure Modes and Effects Analysis*

### 3.1.2 Fatores críticos de sucesso na implementação 6σ

Jiju Antony (2006), Chakrabarty & Tan (2007), Ricardo Banuelas Coronado & Jiju Antony (2002) identificaram os seguintes fatores críticos de sucesso na implementação dos projetos Seis Sigma:

- Compromisso e envolvimento da gestão;
- Perceber a metodologia DMAIC e as ferramentas e técnicas do Seis Sigma;
- Alinhar o projeto Seis Sigma com os objetivos da empresa;
- Alinhar o projeto Seis Sigma com os requisitos dos clientes;
- Seleção, priorização e acompanhamento do projeto;
- Seleção dos membros da equipa do projeto;
- Mudança cultural;
- Gestão das *skills* do projeto;
- Educação e Treino.

Através de uma revisão da literatura e discussão com líderes de organizações que adotaram o Seis Sigma, Kwak & Anbari (2006) identificaram quatro elementos fundamentais para o êxito na sua aplicação:

Envolvimento da gestão e compromisso organizacional – a implementação de projetos Seis Sigma requer a dedicação e contribuição da gestão de topo pois implica recursos, tempo, dinheiro e esforços de toda a organização;

Seleção do projeto, gestão e controlo das *skills* – os projetos Seis Sigma têm de ser cuidadosamente revistos, planeados, e selecionados para maximizar os benefícios da implementação. O projeto tem de ser viável, benéfico financeiramente e orientado ao cliente, assim como, ser revisto periodicamente para avaliar a performance das ferramentas e técnicas implementadas;

Encorajar e aceitar a mudança cultural – antes da implementação do projeto Seis Sigma as organizações devem compreender os desafios associados à mudança cultural. Após a realização do projeto os resultados devem ser apresentados e deverão incluir os sucessos,

obstáculos e mudanças, o que irá ajudar a evitar cometer erros similares em projetos futuros e apenas adotar as boas práticas.

Educação e treino contínuo – a educação e treino permitem que as pessoas envolvidas tenham conhecimento dos fundamentos, ferramentas e técnicas do Seis Sigma. As organizações necessitam de uma aprendizagem contínua para ter a certeza que gestores e empregados aplicam e implementam efetivamente as técnicas do Seis Sigma, além de permitir conhecer as últimas tendências e técnicas que possam ser usadas para complementar a abordagem do Seis Sigma.

### ***3.2 Seis Sigma aplicado a Serviços***

Um serviço pode ser definido como algo que não está diretamente envolvido em projetar ou produzir produtos tangíveis, como é o caso das vendas, finanças, marketing, apoio ao cliente, logística ou recursos humanos de qualquer organização desde uma empresa de produção a um banco ou a uma loja (Pande et al., 2000).

A metodologia Seis Sigma está assente em ferramentas e técnicas estatísticas um pouco complexas mas, quando aplicada em serviços, a maioria dos problemas podem ser facilmente resolvidos utilizando as ferramentas básicas de resolução de problemas do Seis Sigma, como o Mapa do Processo, Diagrama de Causa-Efeito, Controlo Estatístico do Processo (Gráficos de Controlo, Análise de Pareto, Histogramas), entre outras (Jiju Antony, F. J. Antony, Kumar, & Cho, 2007).

Tradicionalmente o Seis Sigma está associado à redução de defeitos e custos na indústria mas já existem vários estudos sobre a sua implementação em serviços, como por exemplo em centros de saúde, bancos, *call-centers*, serviços de logística e financeiros. Esses serviços apresentam como benefícios da aplicação a redução de custos, redução de erros/defeitos, redução das reclamações e aumento da satisfação do cliente, melhoria do serviço de entregas e aumento da capacidade e redução da variabilidade do processo (Jiju Antony, 2006; Jiju Antony et al., 2007; Noone, Namasivayam, & Tomlinson, 2010).

Rucker (2000) e The Performance Management Group LLC (2006) apresentam estudos sobre a implementação do Seis Sigma em instituições bancárias. Rucker (2000) aplicou a metodologia no Citibank e obteve como principais resultados a redução das chamadas de volta internas em 80% e externas em 85%, redução do tempo de ciclo de decisão de crédito em 67% (redução de 3 para apenas 1 dia) e diminuição do tempo de ciclo de processamento de declarações de 28 para 15 dias. A aplicação do Seis Sigma permitiu à J.P. Morgan Chase (*Global Investment Banking*) reduzir as falhas no processo com o cliente, como a abertura de contas e encomendas de livro de cheques. Essas medidas levaram ao aumento da satisfação do cliente e à melhoria da eficiência e do tempo de ciclo do processo em 30% (The Performance Management Group LLC, 2006). Numa companhia de serviços financeiros e bancários os benefícios obtidos foram a redução do tempo de processamento de transferência em mais de 40%, aumento da satisfação do cliente e poupanças anuais de \$74,000 e \$700,000 pela redução dos custos administrativos e despesas com processos desnecessários (Celerant Consulting, 2011)

A implementação do Seis Sigma na indústria de cuidados médicos levou à melhoria do processamento radiológico em 33% e diminuição dos custos de procedimento radiológico em 21,5% o que gerou poupanças de \$1.2 milhões (Thomerson, 2001) e uma redução nos erros de laboratório e entrega de medicamentos, e consequentemente o aumento da segurança dos pacientes (Buck, 2011).

Na British Telecom Wholesale, a implementação da metodologia conduziu ao aumento significativo do nível da satisfação do cliente, criação de processos mais robustos e efetivos, desenvolvimento de uma linguagem comum para a gestão de melhoria contínua e poupanças na ordem dos \$77 milhões devido à melhoria do processo de gestão das reparações, redução dos custos e processos desnecessários (Celerant Consulting, 2011). Em empresas de serviços logísticos, os benefícios foram poupanças anuais de \$1.7 milhões pela melhoria do serviço de entregas e um decréscimo na ordem dos 50% na quantidade de reclamações (Celerant Consulting, 2011).

Na Tabela 2 são apresentadas as diferenças nas características dos projetos Seis Sigma na indústria e nos serviços.

Tabela 2 – Características dos projetos Seis Sigma na indústria e nos serviços (adaptado de Johannsen, Leist, & Zellner, 2010)

Características	Indústria	Serviços
Requisitos dos Clientes	Os requisitos dos clientes referem-se às características do produto.	Os requisitos dos clientes podem-se referir às saídas do serviço ou ao próprio processo.
Sistema de medição e desempenho	A recolha de dados é feita de modo automático; Os sistemas de medição estão estabilizados; Os dados relativos aos indicadores de desempenho do sistema de produção são facilmente recuperados.	Os dados têm de ser recolhidos manualmente; Os sistemas de medição não estão muito estabilizados pois os processos são caracterizados por intervenção humana; O desempenho do processo pode variar em função da interação humana.
Defeitos	Os defeitos podem ser facilmente quantificados e referem-se às características do produto	Os erros ou defeitos são normalmente causados por humanos, os funcionários.
Impacto das melhorias	As melhorias estão associadas a benefícios financeiros que podem ser facilmente quantificados.	As melhorias estão associadas a benefícios não-monetários como a satisfação do cliente.

A implementação da metodologia Seis Sigma nos serviços, em comparação com a indústria, apresenta algumas limitações (Jiju Antony et al., 2007):

- A medição da satisfação do cliente é mais subjetiva;
- Dificuldade na recolha dos dados, devido à maioria dos dados serem recolhidos manualmente em comparação com os métodos automáticos de recolha usados na indústria;
- Limitação na aplicação de técnicas estatísticas como o planeamento de experiências;
- Maior resistência à mudança;
- A maioria das decisões são de julgamento humano e os *standards* dos processos são menos precisos;
- Os serviços estão sujeitos a mais ruído e fatores incontrolláveis (fatores psicológicos, sociais e pessoais);
- Maior dificuldade na alteração dos processos nos serviços do que na indústria, alterar os parâmetros de uma máquina é diferente de treinar o *staff* ou ajustar procedimentos de trabalho ou tarefas.

Apesar destas limitações, a aplicação do Seis Sigma em serviços apresenta melhorias ao nível do desempenho, podendo-se aplicar esta metodologia mesmo em processos com

baixo nível de desempenho, como no caso de estudo realizado por Riesenberger & Sousa (2010) no processo de gestão de reclamações dos clientes

### **3.3 *Lean Six Sigma***

Nas últimas décadas, as organizações têm dado especial relevância aos programas de melhoria contínua, sendo os mais populares o Seis Sigma e o *Lean Management*. O Seis Sigma teve origem nos Estados Unidos da América através da Motorola enquanto o *Lean Management* na Toyota, Japão. A chave no desenvolvimento do Seis Sigma está na necessidade de melhoria da qualidade dos produtos ou serviços enquanto o *Lean Management* visa a eliminação de todos os desperdícios (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

Algumas organizações adotaram as duas filosofias, integrando o *Lean* com o Seis Sigma, o *Lean Six Sigma* (Sheridan, 2000). Este método consiste em adotar o *Lean Management* combinado com a lógica e a dinâmica de progresso proporcionada pelo Seis Sigma (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2006).

Na Figura 7 é apresentado uma comparação entre a aplicação das metodologias Seis Sigma, *Lean Management* e *Lean Six Sigma*.

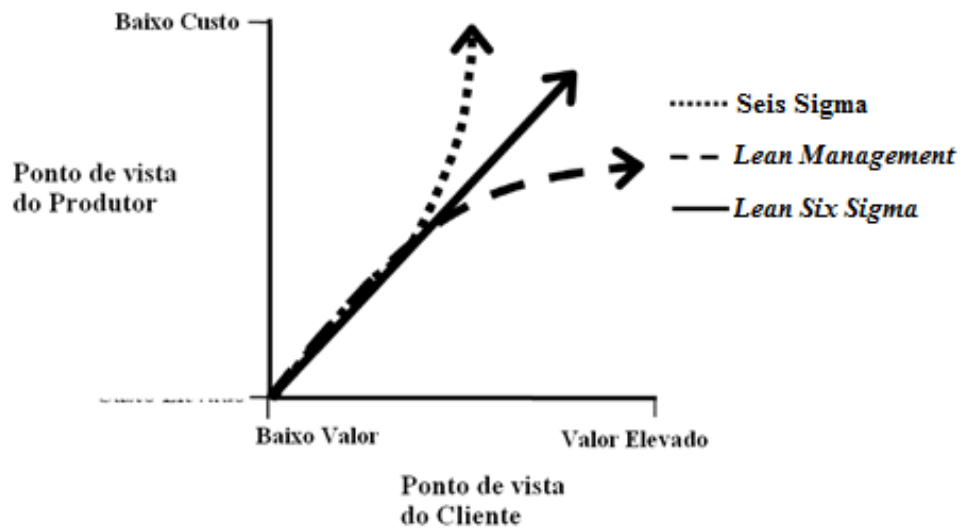


Figura 4 – Comparação das vantagens da aplicação das metodologias Seis Sigma, *Lean Management* e *Lean Six Sigma* (adaptado de Arnheiter & Maleyeff, 2005)

Segundo Courtois et al. (2006) a aplicação do *Lean* sem o Seis Sigma resulta numa produção rápida mas sem grande qualidade, o resultado da aplicação do Seis Sigma sem o *Lean* conduz a uma produção de qualidade mas com muito valor não acrescentado enquanto que o *Lean Six Sigma* apresenta uma produção de qualidade a custos reduzidos.

## 4 CASO DE ESTUDO

O presente caso de estudo foi desenvolvido na Bosch Car Multimedia Portugal S.A. (BrgP).

O Grupo Bosch está presente em três setores de negócio: tecnologia automóvel, tecnologia industrial e bens de consumo e tecnologia de construção. O setor da tecnologia automóvel, onde está inserida a Bosch Car Multimedia (CM), é o que apresenta maior destaque representando cerca de 59% das vendas do grupo.

A BrgP é a principal unidade da divisão CM do Grupo Bosch, a maior empresa a nível nacional do setor (elétrico e eletrónico) e o maior empregador privado da região, contando atualmente com cerca de 2300 colaboradores. No ano de 2010 esta unidade vendeu cerca de 5 milhões de unidades divididas por diversos produtos e componentes.

A unidade de Braga apresenta um portfólio extenso desde auto-rádios (CR) e sistemas de navegação (DI) para a indústria automóvel, fabrico de produtos para as áreas de eletrodomésticos (controladores eletrónicos para equipamentos de aquecimento e controladores para aplicações domésticas) e da segurança automóvel (sensores de ângulo para sistemas ESP). A empresa é responsável por todo o processo de produção, desde a construção do protótipo até à produção em série.

A empresa aposta em padrões elevados de qualidade e força inovadora, exemplos disso são a sua visão:

*“Ser uma empresa de referência mundial no setor eletrónico. Atuar como modelo de excelência na orientação para o cliente e na gestão por processos”*

e missão:

*“Qualidade é a nossa cultura. Inovação assegura o nosso futuro. As pessoas são o nosso maior valor. Buscamos a excelência empresarial. Distinguimo-nos da concorrência com a oferta de excelência na área eletrónica”*



Sendo uma empresa de referência no mundo eletrónico, a unidade de Braga age seguindo um modelo de excelência, guiando o cliente e a administração através de processos. Atualmente é certificada ao nível da Qualidade (ISO/TS 16949), Ambiente (ISO 14001 e EMAS II) e Segurança e Saúde (OHSAS 18001).

O aumento da competitividade e qualidade é conseguido de diversas formas, sendo de destacar a utilização de projetos Seis Sigma para alcançar essas melhorias. A administração da Bosch tem noção que o sucesso dos projetos depende do envolvimento e compreensão de todos e desse modo aposta na formação contínua dos colaboradores sobre a metodologia e suas ferramentas contando com dois *Black Belts* permanentes para dar formação, apoio e suporte a todos os projetos.

Todos os anos a empresa aposta na formação de vinte *Green Belts*, contando atualmente com quarenta e nove *Green Belts* e cinco *Black Belts* nos seus quadros. Como resultado da aposta na formação são apresentadas todos os anos propostas de melhoria que têm um impacto significativo nas métricas de qualidade e redução de custos, de momento a empresa tem em andamento vinte e um projetos Seis Sigma.

#### **4.1 Definir**

O presente projeto foi selecionado pelo responsável da secção de Assistência a Clientes (QMM9) – Miguel Soares e pelo coordenador do laboratório da secção de Garantia de Qualidade (QMM1 Lab) – Nuno Iglésias, devido às queixas frequentes dos clientes no incumprimento dos prazos das análises e devido ao elevado volume de aparelhos que se encontram no armazém para serem analisados.

Apesar do projeto selecionado não ser um projeto típico Seis Sigma, ou seja, um processo repetitivo e sistemático, utilizou-se o Seis Sigma devido a ser uma metodologia de melhoria contínua bem estruturada e organizada que utiliza técnicas e ferramentas estatísticas para reduzir a variabilidade e os desperdícios dos processos (Bañuelas, Jiju Antony, & Brace, 2005).

O projeto foi realizado no QMM1 Lab parte integrante da secção de Garantia de Qualidade (QMM1) do Departamento de Gestão da Qualidade e Métodos (QMM). Esta secção tem como tarefas a aprovação de venda do produto, auditorias de produto, suporte à produção em série (FOR<sup>6</sup>) e análise de defeitos 0km e campo.

As reclamações 0km são falhas detetadas na fábrica do cliente e as de campo são falhas detetadas pelo cliente final depois do automóvel ser vendido e já durante o período de garantia do aparelho.

#### 4.1.1 Planeamento do Projeto

No presente caso de estudo, o problema está relacionado com o elevado tempo de análise dos defeitos nos dispositivos produzidos pela empresa, mas apenas as reclamações 0km e campo foram consideradas pois são as que estão associadas à satisfação dos clientes e as que têm maior impacto financeiro para a empresa. Entende-se como tempo de análise o tempo que o aparelho aguarda no armazém para ser analisado e o tempo de análise do defeito.

O projeto tem como âmbito melhorar o processo de análise do QMM1 Lab e tem como clientes do projeto os Assistentes a Cliente e os fabricantes de equipamentos originais (OEM<sup>7</sup>).

Defeito é definido como o não cumprimento do prazo de análise, ou seja, os aparelhos analisados num tempo superior a 2 dias nos 0km e 15 dias no campo são considerados “produtos” defeituosos. De acordo com o coordenador do laboratório, em média, o tempo de uma análise é de 3 horas e cada técnico realiza duas a três análises por dia.

A equipa alocada ao presente projeto é constituída pelo líder da equipa (autora), dois *Black Belt*, o Patrocinador do projeto, o Chefe de Secção de QMM1, o Coordenador do QMM1 Lab e cinco técnicos que realizam análises aos aparelhos CR e DI 0km e campo. Os *Black Belt* têm como tarefa aprovar a passagem para a fase seguinte do DMAIC, o

---

<sup>6</sup> Da expressão anglo-saxónica *Fall Off Rate*

<sup>7</sup> Da expressão anglo-saxónica *Original Equipment Manufacturer*

patrocinador do projeto é consultado cada vez que uma decisão de gestão é necessária e os técnicos serão observados e consultados para medição do processo atual.

Os benefícios esperados são a melhoria do serviço ao cliente, aumento da produtividade do laboratório, melhoria dos indicadores de qualidade 0km e de campo, padronização do processo de análise do laboratório e redução da quantidade de aparelhos por analisar. Na Figura 5 é apresentado o *Project Charter*.

Caso de Estudo:			Declaração de Oportunidade		
Nos últimos anos, a empresa tem assistido à diminuição da satisfação dos clientes em relação ao tempo de resposta das reclamações e deste modo selecionou um projeto Seis Sigma para melhorar o processo de análise de produtos defeituosos.			Melhoria do tempo de análise de defeitos e redução da variabilidade.		
			<b>Definição do defeito:</b> Não cumprimento do prazo de análise (2 dias nas reclamações 0km e 15 dias nas reclamações de campo).		
Objetivo			Âmbito do Projeto:		
Identificar as variáveis que influenciam o processo de análise, propor melhorias para reduzir o tempo de análise e a respetiva variabilidade de modo a cumprir o prazo de entrega.			<b>Data de Início:</b> 1 abril 2011		
			<b>Data de Fim:</b> 14 outubro 2011		
<b>Benefícios:</b> Aumento da produtividade do laboratório, melhoria do serviço ao cliente; melhoria dos indicadores de qualidade 0km e campo, padronização do processo de análise e redução da quantidade de aparelhos por analisar.			<b>No âmbito:</b> Análise de defeitos 0km e campo		
			<b>Fora do âmbito:</b> Análise de defeitos FOR		
Plano do Projeto:			Equipa:		
Fase	Início	Fim	Nome	Papel	Compromisso
Definir	Abril	Maio	Patrícia Abreu	Líder	Alto
Medir	Maio	Junho	Natália Semanas	<i>Black Belt</i>	Médio
Analisar	Junho	Julho	João Roque	<i>Black Belt</i>	Médio
Melhorar	Julho	Setembro	Miguel Soares	Patrocinador	Baixo
Controlar	Agosto	Outubro	Fernando Barbosa	Equipa do projeto	Baixo
			Nuno Iglésias		Baixo
			Téc. QMM1 Lab		Baixo

Figura 5 – *Project Charter*

Na Figura 6 encontra-se o gráfico de *Gantt* onde estão representadas o início e término de cada tarefa de modo a auxiliar a equipa do projeto na gestão do tempo e desenvolvimento do projeto.

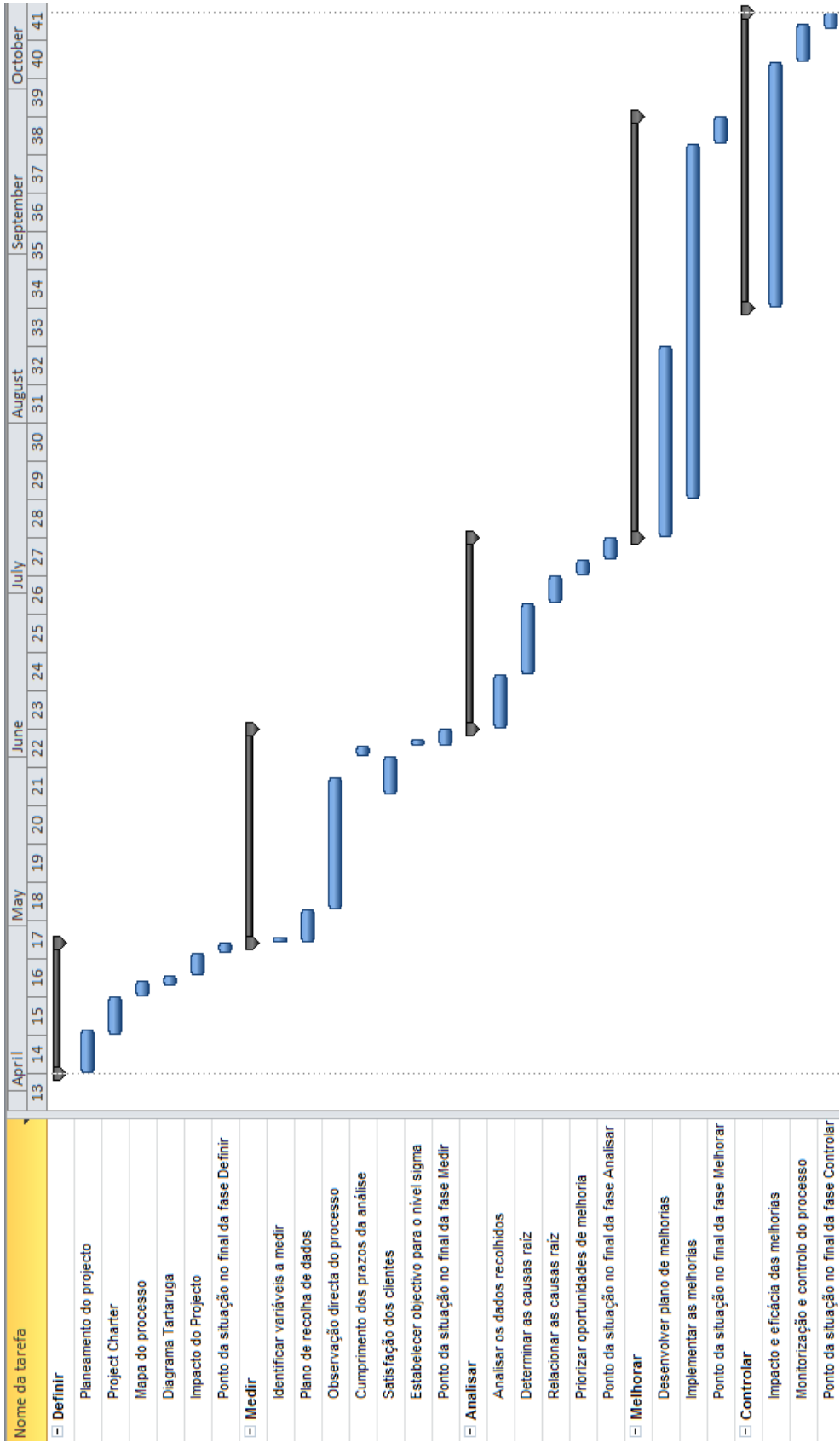


Figura 6 – Gráfico de *Gantt* do projeto

### 4.1.2 Mapa do Processo

Na Figura 7 encontra-se representado o fluxograma do processo de análise.

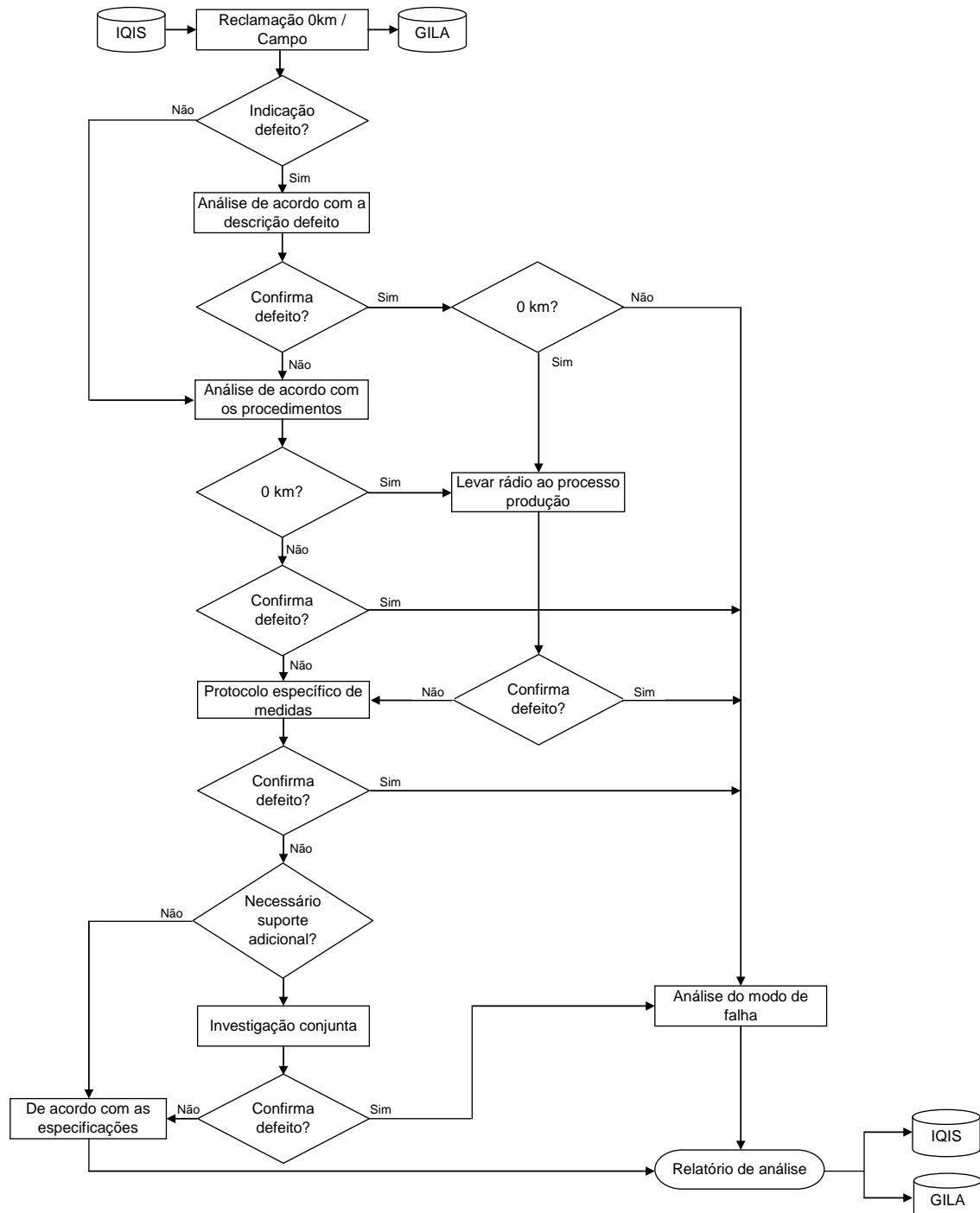


Figura 7 – Fluxograma do processo de análise

O processo de reclamação dos aparelhos inicia-se com a inclusão dos dados sobre a reclamação no Sistema Integrado de Gestão da Qualidade (IQIS) pelo engenheiro

residente (SQW<sup>8</sup>). O engenheiro residente é o representante da Bosch na empresa do cliente, um interface entre o Assistente a Cliente (AC) e o departamento de qualidade do cliente. Depois de receber uma reclamação, o SQW insere os dados no IQIS e em seguida realiza uma pré-análise ao aparelho de modo a confirmar ou não o defeito. Caso confirme o defeito procede ao envio do dispositivo para BrgP de modo a dar seguimento à reclamação.

Após a chegada do aparelho ao armazém de QMM1 Lab, os seus dados são inseridos no sistema de Gestão Integrada do Laboratório (GILA) e fica a aguardar pela análise. O armazém segue um sistema em que o primeiro aparelho a entrar é o primeiro a ser analisado (FIFO<sup>9</sup>) condicionado por um sistema de prioridades, em que os aparelhos 0km têm prioridade sobre os de campo. O processo de análise inicia-se com a consulta do GILA, no qual o técnico verifica o próximo aparelho a analisar, o local no armazém onde o encontrar e altera o seu *status* para “em análise”. Em seguida consulta no IQIS os detalhes da reclamação, se o aparelho tiver uma indicação clara e objetiva do defeito o técnico inicia a análise de acordo com essa descrição, caso contrário, segue o procedimento de análise definido (Figura 34 do Anexo A).

No caso dos aparelhos 0km, se se confirmar o defeito através da descrição do cliente ou após realizar o procedimento de análise definido, o técnico tem de levar o aparelho ao processo de produção. Em ambas as situações (0km e campo) caso o técnico não confirme o defeito após efetuar o procedimento de análise definido procede à realização do protocolo específico de medidas, este teste consiste na medição das características de acordo com as especificações dos clientes para cada produto. Se não confirmar o defeito, o técnico recorre ao suporte adicional de outros departamentos da empresa. Em todas as fases se o técnico confirmar o defeito inicia a análise do modo de falha e em seguida procede ao registo do relatório da análise (Figura 35 e Figura 36 do Anexo A) e envio para o AC. Simultaneamente introduz os dados relativos à análise no IQIS e altera o *status* e responsabilidade do defeito no GILA.

O *status* do aparelho é alterado para “reclamado”, “analisado”, “sucitado”, “bloqueado” ou “para devolver” e a responsabilidade do defeito para B, S ou C. A atribuição da

---

<sup>8</sup> Da expressão anglo-saxónica *Sales Quality Warranty*

<sup>9</sup> Da expressão anglo-saxónica *first in first out*

responsabilidade “B” significa que a causa do defeito é atribuída à Bosch ou aos seus fornecedores, “S” significa que o dispositivo está de acordo com as especificações, ou seja, não tem defeito e “C” significa que o defeito é devido à responsabilidade do cliente.

### 4.1.3 Diagrama de Tartaruga

O Diagrama de Tartaruga é uma ferramenta que permite identificar as variáveis que têm influência no processo de modo a uma melhor perceção e compreensão do processo em estudo. Na Figura 8 é apresentado o Diagrama de Tartaruga do processo de análise de QMM1 Lab.

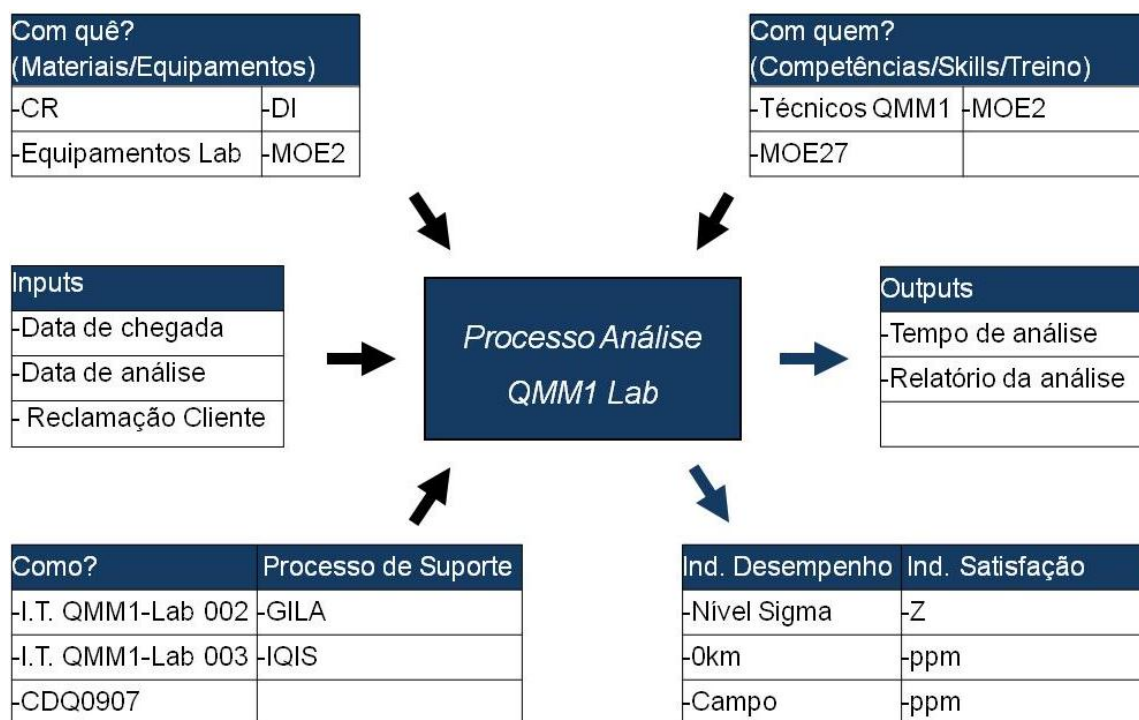


Figura 8 – Diagrama de Tartaruga

As entradas que influenciam o processo de análise de QMM1 Lab dividem-se em materiais e equipamentos, *inputs*, procedimentos e processos de suporte e as pessoas envolvidas. Como saídas do processo têm-se os indicadores de desempenho e de satisfação e os *outputs*.

Os participantes que têm influência no processo são os técnicos de QMM1 Lab, os responsáveis da linha de montagem final (MOE2) e os responsáveis pelo controlo da qualidade da linha (QPM – MOE27)

Os materiais e equipamentos necessários são os dispositivos CR e DI e os equipamentos do laboratório. As entradas do processo são a data de entrada do aparelho no armazém, a data em que a análise está concluída e a descrição do defeito pelo cliente.

Os procedimentos seguidos são as Instruções de Trabalho (I.T. QMM1-Lab 002 e I.T. QMM1-Lab 003) e a Diretiva Central de Qualidade relativa ao processo de reclamação (CDQ0907<sup>10</sup>), e os processos de suporte utilizados o IQIS e o GILA. É no IQIS que o engenheiro residente lança os detalhes do aparelho reclamado, entre os quais uma descrição do defeito apresentada pelo cliente. O GILA é uma aplicação que gere o fluxo de aparelhos no laboratório, desde a entrada e saída de aparelhos à gestão de análises.

Os indicadores de desempenho são o nível sigma do processo (valor do z) e as análises Okm e campo (valor ppm), como saídas tem-se o tempo de análise do aparelho e o relatório da análise.

#### **4.1.4 Impacto e dificuldade do projeto**

A avaliação inicial da dificuldade e impacto do projeto foi feita após uma reunião entre a equipa do projeto tendo em conta o estado atual e os resultados esperados.

Na Figura 9 encontra-se uma representação do impacto e dificuldade do projeto em estudo.

---

<sup>10</sup> Da expressão anglo-saxónica *Central Directive Quality*



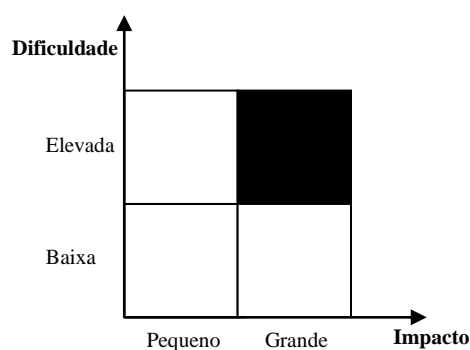


Figura 9 – Impacto e dificuldade do projeto

O problema em análise foi considerado de dificuldade elevada pois já outros projetos de melhoria tinham falhado e não era prática comum na empresa aplicar projetos Seis Sigma a este tipo de problemas.

Apesar da dificuldade elevada é esperado um grande impacto, quer ao nível da satisfação dos clientes, dos objetivos internos e da redução de custos.

Em relação aos aparelhos em que a causa do defeito seja da responsabilidade da Bosch, devido a problemas internos ou fornecedores, a empresa tem de conceder uma compensação financeira aos seus clientes. A empresa também tem acordado com os clientes que todos os aparelhos em que a responsabilidade do defeito não seja encontrada em trinta dias úteis são assumidos como responsabilidade da empresa.

Em comparação com outras divisões CM, a unidade de Braga apresenta tempos de análise muito longos e muitos aparelhos em armazém por analisar.

Com a realização deste projeto Seis Sigma espera-se que o tempo de análise seja reduzido e consequentemente se consiga a redução da quantidade de aparelhos por analisar, a melhoria do serviço ao cliente, bem como a melhoria dos indicadores de qualidade 0km e campo.

#### **4.1.5 *Checkpoint* – Ponto da situação no final da fase Definir**

O objetivo da primeira fase do DMAIC é definir claramente os objetivos de melhoria. Esse objetivo foi atingindo através da identificação do âmbito, objetivos, benefícios e clientes do projeto, bem como, a duração e equipa do projeto.

### **4.2 *Medir***

Na fase Medir pretende-se medir o desempenho do processo. A medição do desempenho do processo de análise de produtos defeituosos foi realizada através da medição do cumprimento dos prazos da análise, observação direta do processo, medição da satisfação dos clientes e cálculo do nível sigma.

#### **4.2.1 Cumprimento dos prazos da análise**

Para o cálculo do cumprimento dos prazos da análise foram consideradas as análises realizadas entre o período de 3 de janeiro de 2011 a 31 de maio de 2011, sendo os dados extraídos através do GILA. Os dados foram recolhidos consoante o tipo de dispositivo (CR/DI), a sua origem (0km/campo) e a responsabilidade do defeito (B/S/C).

Na Figura 10 encontra-se a distribuição dos aparelhos recebidos segundo o tipo de dispositivo e a origem, no período considerado.

### Distribuição dos aparelhos recebidos (tipo/origem)

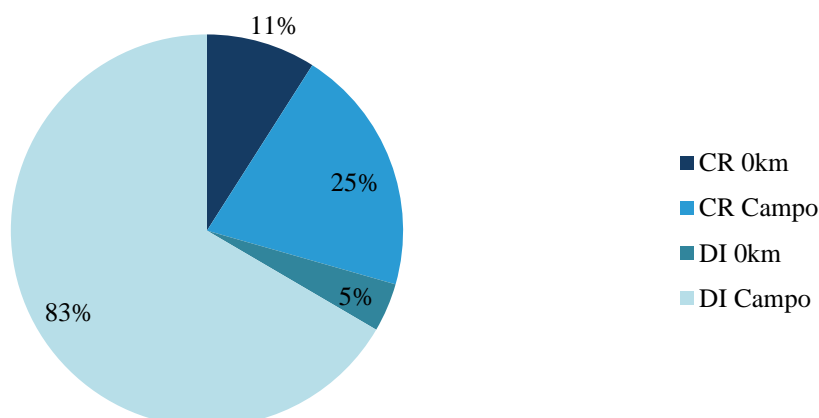


Figura 10 – Distribuição dos aparelhos recebidos por tipo e origem

De 3 de janeiro a 31 de maio de 2011 deram entrada no laboratório 2132 aparelhos. Através da figura anterior, verifica-se que há maior entrada de aparelhos de campo do que de 0km e o maior volume de entradas foi dos DI campo enquanto o menor volume de entradas foi dos DI 0km.

Na Tabela 3 é apresentada uma comparação entre os aparelhos recebidos e os aparelhos analisados pelo laboratório.

Tabela 3 – Quantidade de aparelhos recebidos e analisados de 03/01/2011 a 31/05/2011

Origem	Tipo	Aparelhos recebidos	Aparelhos analisados	% aparelhos analisados
<b>0km</b>	CR	240	224	93,3%
	DI	114	92	80,7%
<b>Campo</b>	CR	542	297	54,8%
	DI	1236	832	67,3%

Segundo os dados da tabela anterior, é no caso dos CR campo que existe maior percentagem de aparelhos por analisar, pelo contrário, a maior percentagem de aparelhos analisados encontra-se nos CR 0km (93,3%). Através da referida tabela também se verifica que existem mais aparelhos de campo por analisar do que de 0km, devendo-se ao facto de serem reclamados mais aparelhos de campo e os aparelhos 0km terem prioridade de análise sobre os de campo.

Comparando os dados da Figura 10 com os da Tabela 3 verifica-se que apesar de 83% dos aparelhos recebidos serem DI campo este processo não é o que apresenta menor percentagem de aparelhos analisados, sendo os CR campo. Efetuando uma análise global concluiu-se que os aparelhos 0km (DI) e de campo (CR) recebidos em menor quantidade apresentam uma percentagem inferior de aparelhos analisados.

Na Figura 11 é apresentada uma distribuição das quantidades de aparelhos 0km analisados pela duração da análise.

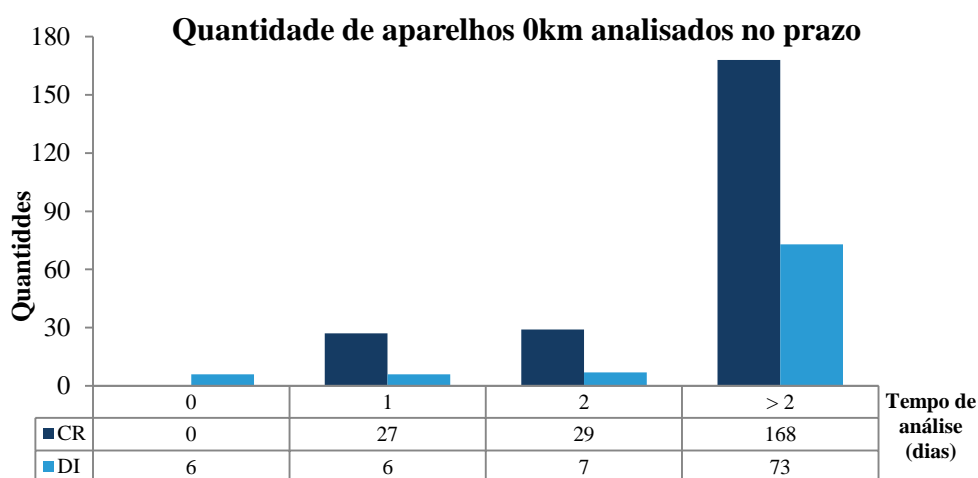


Figura 11 – Distribuição das quantidades de aparelhos de 0km analisados pela duração da análise

A distribuição das quantidades de aparelhos de campo analisados pela duração da análise no período de 03/01/2011 – 31/05/2011 é apresentada na Figura 12.

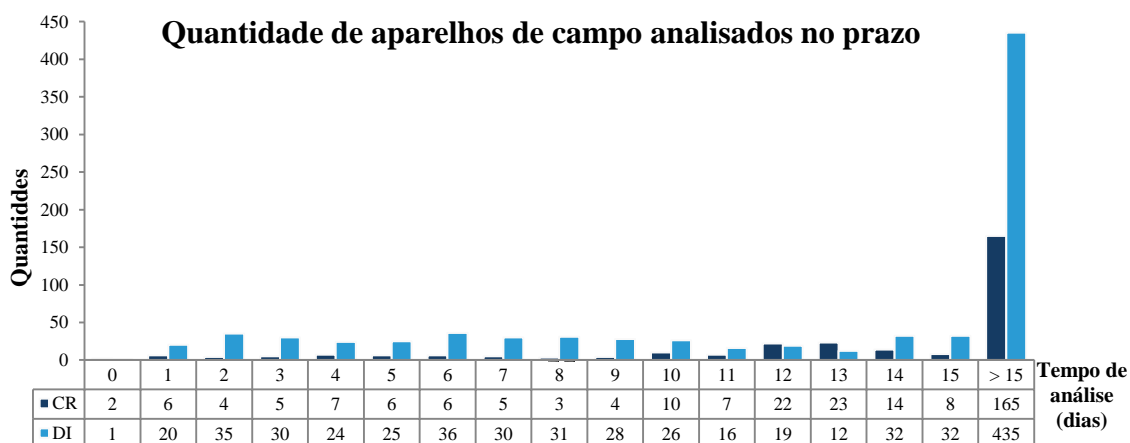


Figura 12 – Distribuição das quantidades de aparelhos de campo analisados pela duração da análise

Através da Figura 11 e Figura 12 observa-se que no caso dos 0km foram analisados mais dispositivos CR do que DI contrariamente aos dispositivos de campo. Da amostra de 1445

aparelhos analisados no período em causa, 36% eram CR e 64% DI enquanto em relação à origem 22% eram 0km e 78% campo.

Na Tabela 4 é apresentada a percentagem de produtos não analisados no prazo definido para os dispositivos CR e DI.

Tabela 4 – Percentagem de produtos defeituosos CR e DI

Origem	Tipo	Defeituosos	Bons	Total	% Defeituosos
CR	0km	168	56	224	75,0%
	Campo	165	132	297	55,6%
DI	0km	73	19	92	79,3%
	Campo	435	397	832	52,3%

De acordo com a figura anterior o processo mais crítico são os aparelhos com origem 0km pois apenas 25% dos CR e 20,7% dos DI são analisados no prazo previsto, em relação aos dispositivos com origem campo cerca de 44,4% dos CR e 47,7% dos DI são analisados nos 15 dias previstos.

Na Figura 13 é apresentado o tempo médio de análise dos CR e DI de 0km e campo no período de 3 de janeiro a 31 de maio de 2011.

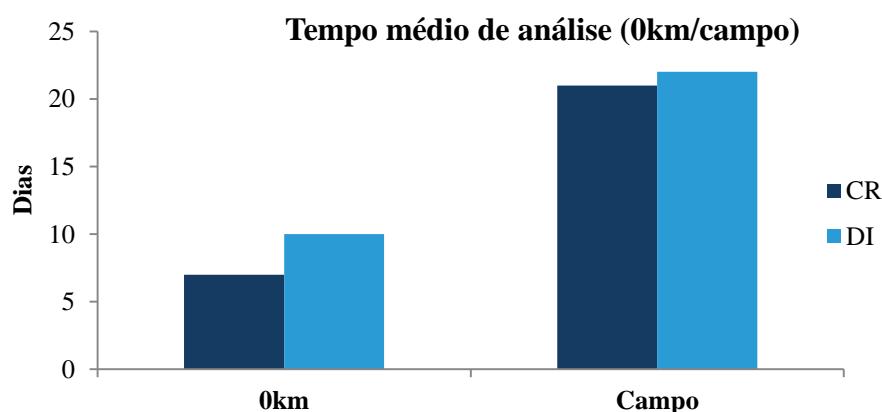


Figura 13 – Tempo médio de análise no período de 03/01/2011 – 31/05/2011

No período considerado o tempo médio de análise nos 0km foi de 7 dias para os CR e 10 dias para os dispositivos DI enquanto no campo foi de 21 e 22 dias para os CR e DI, respetivamente. Em relação ao desvio padrão do tempo de análise, nos aparelhos de 0km esse valor é de 9,4 para os CR e 10,8 dias para os DI e nos de campo é de 16,7 nos CR e 23,4 dias nos DI. Através dos dados recolhidos verifica-se que o tempo médio de análise

é elevado em relação aos prazos acordados com os clientes e existe uma grande variabilidade no tempo de análise.

Apesar do tempo médio de análise ser muito superior aos objetivos definidos alguns fatores terão de ser considerados, o sistema GILA não faz distinção entre os dias de trabalho e os domingos e feriados, a unidade de tempo de análise é dias e não horas e em alguns casos os técnicos após darem a análise como concluída não alteravam o *status* no GILA.

O tempo médio de análise por responsabilidade do defeito é apresentado na Figura 14 para os casos de 0km e na Figura 15 para os casos de campo.

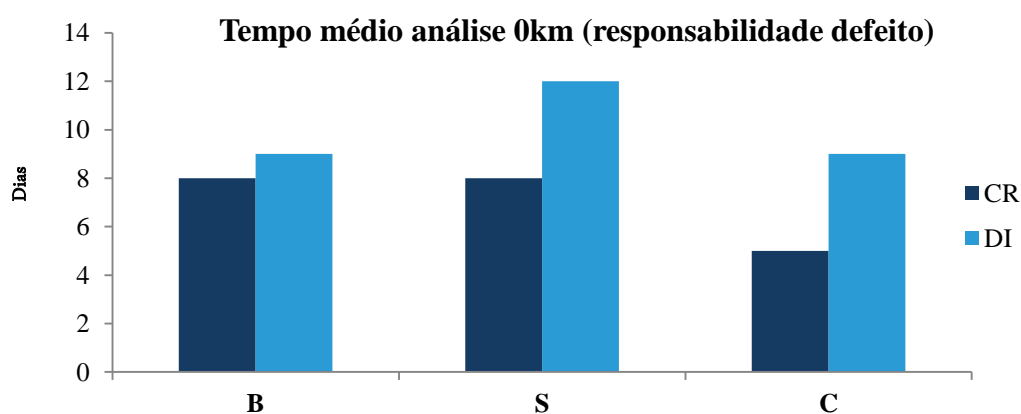


Figura 14 – Tempo médio de análise por responsabilidade do defeito nos dispositivos de 0km

Através da figura anterior verifica-se que no caso dos 0km, nos dispositivos CR o tempo médio de análise nos casos C (5 dias) é inferior aos casos B e S (8 dias) enquanto nos dispositivos DI, o tempo de análise nos casos B e C (9 dias) é inferior aos casos S (12 dias).

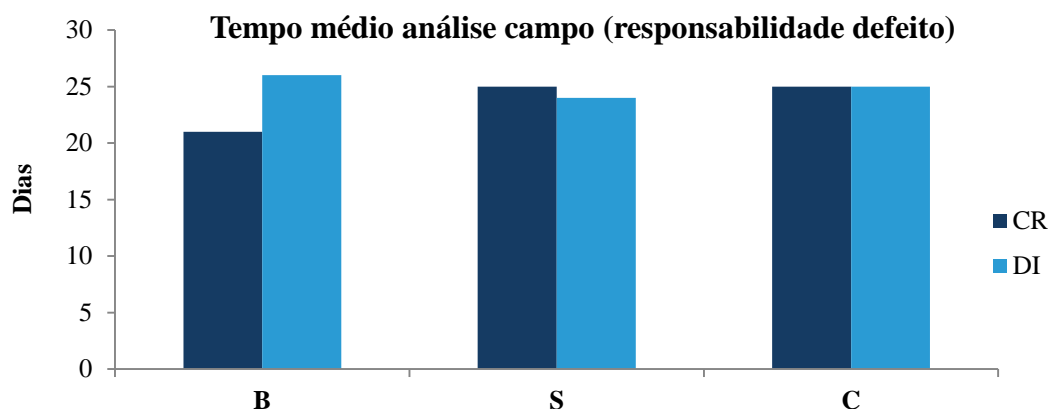


Figura 15 – Tempo médio de análise por responsabilidade do defeito nos dispositivos de campo

Nos dispositivos de campo verifica-se que o tempo médio de análise é muito semelhante, independentemente da responsabilidade do defeito. Nos aparelhos CR o tempo médio de análise foi de 21 dias para os casos B e 25 dias para responsabilidade do defeito S e C, enquanto nos dispositivos DI o tempo médio de análise foi de 26 dias nos casos B, 24 dias nos aparelhos sem defeito (S) e 25 dias nos aparelhos com defeito provocado pelo cliente (C).

Pelos dados recolhidos concluiu-se que nos dispositivos de 0km e nos CR de campo em que não se encontram defeito (S) as análises são mais demoradas enquanto nos DI de campo é nos casos em que a responsabilidade do defeito é da empresa ou seus fornecedores (B).

Através do *software* MINITAB foi realizada uma análise estatística complementar ao processo, encontrando-se os resultados no Anexo B.

#### 4.2.2 Observação do processo

A observação direta do processo permite transmitir aos membros da equipa um conhecimento profundo da realidade sendo uma forma eficaz de identificar oportunidades de melhoria e soluções (George et al., 2005).

De modo a conhecer o processo de análise em pormenor foram acompanhadas e cronometradas análises 0km e de campo efetuados por cinco técnicos diferentes, três do

primeiro Turno (6:00 – 14:30) e dois do segundo Turno (14:30 – 23:00). Os técnicos foram escolhidos devido aos seus perfis e características diferentes:

- Antiguidade na empresa;
- Conhecimentos de Eletrónica;
- Conhecimentos de Informática;
- Relacionamento interpessoal com colaboradores de outras áreas;
- Conhecimentos de inglês/ alemão.

Na Figura 46 e Figura 45 do Anexo C encontram-se os *templates* utilizados na recolha de dados.

#### **4.2.3 Satisfação dos Clientes**

Um dos requisitos para o sucesso da organização passa por promover um elevado nível de satisfação e lealdade do cliente. A perceção da empresa sobre a opinião global dos seus clientes é feita através de inquéritos anuais. A partir de 2008, para o departamento de qualidade, a empresa passou a enviar os inquéritos apenas de 2 em 2 anos.

Os resultados desses inquéritos permitem à empresa a identificação e implementação de melhorias e ações corretivas de modo a aumentar a satisfação clientes.

No ano de 2010 a empresa tinha como objetivo um nível de satisfação dos clientes de 3,15 numa escala de 0 a 4, em que “0” significa total insatisfação e “4” total satisfação. Na Figura 16 é apresentada a satisfação dos clientes em relação ao tempo de resposta das reclamações nos últimos anos.



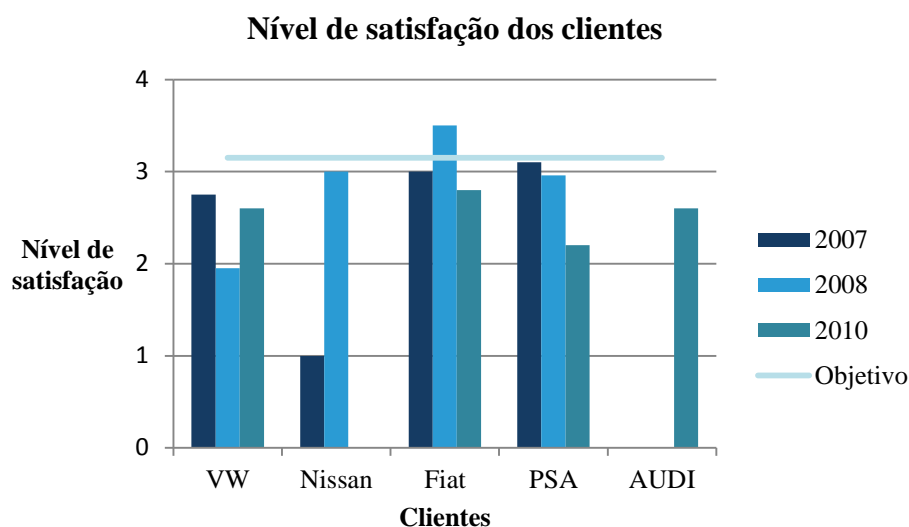


Figura 16 – Nível da satisfação dos clientes em relação ao tempo de resposta das reclamações

Pela figura anterior observa-se que no ano de 2010 todos os clientes têm um nível de satisfação muito inferior ao objetivo. De salientar que os clientes Fiat e PSA apresentam um nível de satisfação inferior ao último inquérito (2008) enquanto o nível de satisfação da VW aumentou.

#### 4.2.4 Nível sigma e objetivo

De modo a adaptar o Seis Sigma aos seus processos e problemas as empresas ajustam a metodologia Seis Sigma à sua própria filosofia.

A empresa em estudo tem como regra interna para projetos Seis Sigma as seguintes metas para melhoria e redução da variação do processo:

- Se o nível do  $\sigma \leq 3$  a meta será uma redução do DPMO de 90%
- Se o nível do  $\sigma > 3$  significa uma redução do DPMO de 50%

Tal como foi referido anteriormente no caso dos produtos 0km é considerado defeito se o tempo de análise for superior a 2 dias e 15 dias nas reclamações de campo. O número de defeitos foi obtido através do GILA e contabilizado no período de 3 de janeiro de 2011 a 31 de maio de 2011. O cálculo para o nível sigma das análises CR 0km e campo é apresentado na Figura 17.

Cálculo do $\sigma$ do processo CR 0km						Cálculo do $\sigma$ do processo CR Campo					
Recolha dos dados		De	03-01-11	a	31-05-11	Recolha dos dados		De	03-01-11	a	31-05-11
Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Oport	DPMO	$\sigma$	Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Oport	DPMO	$\sigma$
168	224	1	224	750000	0.83	165	297	1	297	555556	1.36
Objectivo						Objectivo					
$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 90% do DPMO				DPMO	$\sigma$	$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 90% do DPMO				DPMO	$\sigma$
$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 50% do DPMO				75000	2.94	$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 50% do DPMO				55556	3.09

Figura 17 – Nível sigma CR 0km e campo

Através da figura anterior verifica-se que em ambos os casos o nível sigma é inferior a três ( $\sigma_{CR\ 0km} = 0,83$  e  $\sigma_{CR\ campo} = 1,36$ ) logo é esperado uma redução do DPMO de 90%. No caso dos CR 0km o DPMO medido é de 750.000 e espera-se uma redução para os 75.000 enquanto no CR de campo o DPMO é de 555.556 e a meta é 55.556. Na Figura 18 é apresentado o cálculo para o nível sigma das análises DI 0km e campo.

Cálculo do $\sigma$ do processo DI 0km						Cálculo do $\sigma$ do processo DI Campo					
Recolha dos dados		De	03-01-11	a	31-05-11	Recolha dos dados		De	03-01-11	a	31-05-11
Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Oport	DPMO	$\sigma$	Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Oport	DPMO	$\sigma$
73	92	1	92	793478	0.68	435	832	1	832	522837	1.44
Objectivo						Objectivo					
$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 90% do DPMO				DPMO	$\sigma$	$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 90% do DPMO				DPMO	$\sigma$
$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 50% do DPMO				79348	2.91	$\sigma \leq 3 \Rightarrow$ Redução de 50% do DPMO				52284	3.12

Figura 18 – Nível sigma DI 0km e campo

No caso dos dispositivos DI 0km e campo também são esperados uma redução do DPMO de 90% ( $\sigma_{DI\ 0km} = 0,68$  e  $\sigma_{DI\ campo} = 1,44$ ), nos dispositivos 0km o DPMO atual é de 793.478 e a redução prevista é para os 79.348 enquanto no CR de campo o DPMO atual é de 522.837 e é esperado uma redução para os 52.284.

Pela análise da Figura 17 e Figura 18, observa-se que o valor do sigma é muito baixo o que indica que o processo de análise está num estado caótico, comparando os dados dos 0km com os de campo verifica-se que o valor do sigma é menor no caso dos 0km logo este processo tem uma performance inferior.

#### 4.2.5 Checkpoint – Ponto da situação no final da fase Medir

Através dos dados do cumprimento dos prazos de análise e do valor do sigma, verifica-se que o processo está num estado caótico, mas consequentemente as oportunidades e

expectativas de melhoria são elevadas. Segundo os objetivos da empresa é esperada uma redução dos DPMO de 90%.

### **4.3 Analisar**

Na terceira fase do DMAIC, pretende-se analisar o processo em estudo e identificar as causas que afetam as variáveis de entrada e saída do processo.

#### **4.3.1 Causas raíz**

No caso em estudo o *Brainstorming* foi utilizado para gerar ideias sobre as causas que afetam o tempo de análise dos aparelhos. As pessoas envolvidas no processo de *Brainstorming* (patrocinador, equipa do projeto e coordenador do laboratório) foram reunidas numa sala, aconselhadas a pensar nas causas durante 5 minutos e depois iniciou-se a discussão. No final, as ideias semelhantes foram agrupadas e acrescentadas outras causas identificadas durante o processo de recolha de dados, quer pela observação da autora quer pelas entrevistas realizadas aos técnicos que foram observados.

Em seguida foi desenvolvido um *Mind Map* (Figura 19) de modo a agrupar as causas que afetam o processo de análise em quatro grupos: esperas, engenheiro residente, deslocações e laboratório (equipamentos e técnicos).

Neste diagrama o problema é apresentado no centro e relacionado com os quatro grupos de causas. Dentro de cada grupo foram identificadas as causas em relação à prioridade de intervenção, o círculo vermelho com o número 1 significa prioridade elevada, o círculo azul com o número 2 representa uma prioridade média e o círculo amarelo com o número 3 indica uma causa com prioridade baixa.

De todos os fatores analisados só foram identificados com prioridades aqueles sobre o qual havia mais conhecimentos e possibilidades de melhoria.

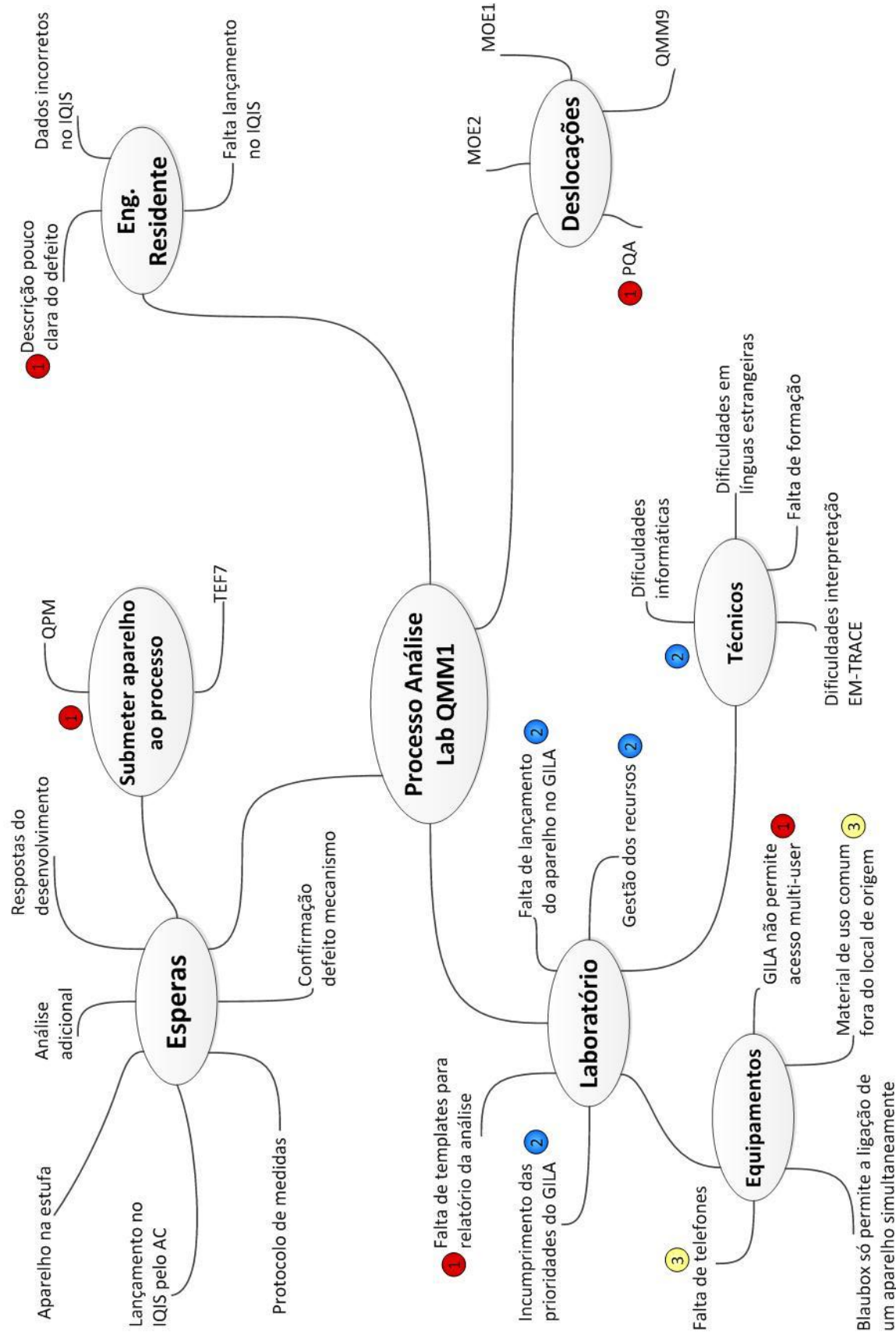


Figura 19 – Mind Map do processo de análise do QMM1 Lab

### 4.3.2 Observação do processo

Com a observação do processo foi possível conhecer em pormenor o processo de análise e identificar algumas das causas que afetam o tempo de análise dos aparelhos. Foram observados cinco técnicos divididos por catorze análises, três 0km e onze de campo, estando os detalhes da observação apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Detalhes da observação do processo

Origem	Técnico	Tempo análise (h:min)	Responsabilidade
0km	Téc 1	3:00	B
	Téc 1	1:46	S
	Téc 2	9:28	B
Campo	Téc 1	1:59	B
	Téc 2	6:37	S
	Téc 2	7:59	B
	Téc 3	6:04	S
	Téc 4	0:27	B
	Téc 4	0:38	C
	Téc 4	0:42	B
	Téc 4	5:10	S
	Téc 5	3:34	S
	Téc 5	5:35	S
	Téc 5	5:04	S

Os técnicos 1, 2 e 3 pertencem ao 1º turno e os restantes ao 2º turno. Algumas das análises acompanhadas correspondiam a defeitos “conhecidos” e consequentemente o tempo de análise é muito inferior aos restantes.

Para uma análise mais complexa através dos dados recolhidos foi calculado o tempo médio de análise ( $\bar{X}$ ), o desvio padrão ( $\sigma$ ) e a amplitude (R), e os resultados analisados segundo a origem dos aparelhos, os técnicos e a responsabilidade do defeito. Devido às limitações de tempo e disponibilidade, o tamanho da amostra (n) não é igual para todas as variáveis em estudo.

Na Tabela 6 é apresentada a análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo a origem dos aparelhos.

Tabela 6 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo a origem dos aparelhos

Origem	n	$\bar{X}$	$\sigma$	R
0km	3	4:44	3:22	7:42
Campo	11	3:59	2:32	7:32

Através da tabela anterior verifica-se que o tempo médio de análise e a variabilidade é superior no caso dos 0km, essa diferença pode-se dever ao tamanho reduzido da amostra e ao facto dos aparelhos 0km terem de ser submetidos ao processo de produção. O tempo médio de análise foi de 4:44 horas no 0km e 3:59 horas no campo, em relação ao desvio padrão o valor foi de 3:22 horas no 0km e 2:32 horas no campo.

Analizando os dados de um modo global (sem a divisão pela origem) o tempo médio de análise foi de 4:08 horas, o desvio padrão de 2:45 horas e a amplitude 9:01 horas.

Na Tabela 7 é apresentada uma análise complementar ao desempenho dos técnicos.

Tabela 7 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo os técnicos

Técnico	n	$\bar{X}$	$\sigma$	R
Téc 1	3	2:15	0:32	1:14
Téc 2	3	8:01	1:09	2:51
Téc 3	1	6:04	-	-
Téc 4	4	1:44	1:58	4:43
Téc 5	3	4:44	0:51	1:30

Como se verifica pela tabela anterior só foi acompanhada uma análise realizada pelo técnico 3 e consequentemente não foi possível calcular o desvio padrão nem a amplitude para este caso. O técnico 4 é o que apresenta um tempo médio de análise inferior mas pelo contrário apresenta um  $\sigma$  e uma R elevada, essa variabilidade deve-se ao facto de três das quatro análises serem a defeitos simples (duas a defeitos “conhecidos” e outra a um aparelho que apresentava um cartão dentro do mecanismo do CD) o que representa análises rápidas.

O técnico 1 é o que apresenta menor variabilidade no tempo de análise, apenas um  $\sigma$  de 0:32 horas e R de 1:14 horas.

O cálculo do  $\bar{X}$ ,  $\sigma$  e R para os dados recolhidos na observação do processo segundo a responsabilidade do defeito são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise aos dados recolhidos na observação do processo segundo a responsabilidade do defeito

Responsabilidade	n	$\bar{X}$	$\sigma$	R
<b>B</b>	6	3:55	3:31	9:01
<b>S</b>	7	4:50	1:31	4:51
<b>C</b>	1	0:38	-	-

Pela análise dos dados da tabela anterior verifica-se que os aparelhos com responsabilidade B têm um tempo médio de análise inferior mas maior variabilidade, pelo contrário, os de responsabilidade S têm um tempo médio de análise superior mas menor variabilidade. Uma vez que só foi acompanhada uma análise com responsabilidade C não foi possível calcular o  $\bar{X}$ ,  $\sigma$  e R.

Realizando uma análise global aos dados recolhidos durante a observação do processo (Tabela 6 e Tabela 8) concluiu-se que os aparelhos de 0km tem um tempo médio de análise superior aos de campo tal como os aparelhos sem defeito (responsabilidade S).

Para uma melhor perceção das causas que afetam a duração da análise dos aparelhos dividiu-se o tempo total da análise em quatro grupos: elaboração do relatório, esperas, deslocações e análise. No grupo das esperas e deslocações inserem-se algumas das causas identificadas no *Mind Map* (Figura 19).

A divisão do tempo de análise na elaboração do relatório, esperas, deslocações e análise para os aparelhos 0km é apresentado na Figura 20.

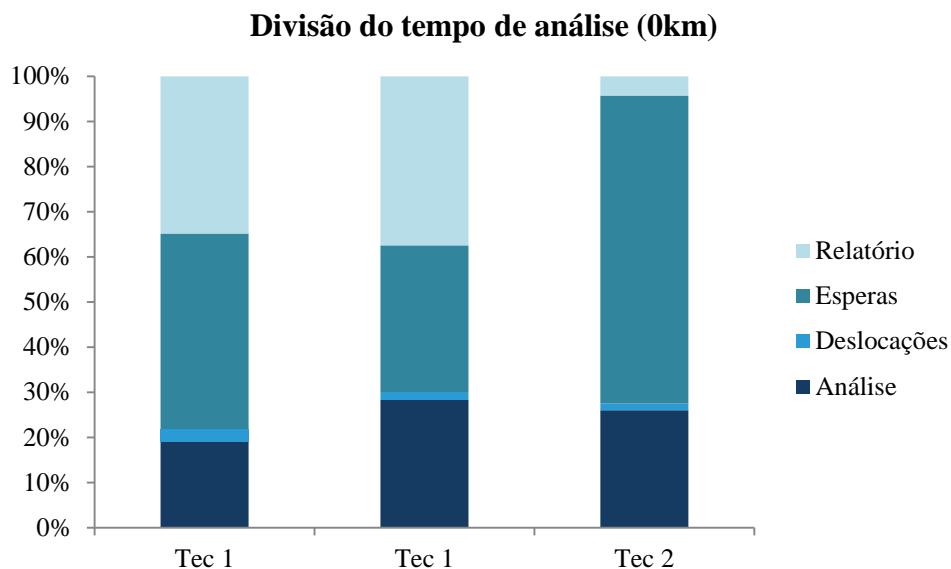


Figura 20 – Divisão do tempo de análise para os aparelhos 0km

De acordo com a Figura 20 verifica-se que a maior parte do tempo da análise é dispendido em esperas, desse modo optou-se por analisar esse grupo em pormenor (Figura 21).

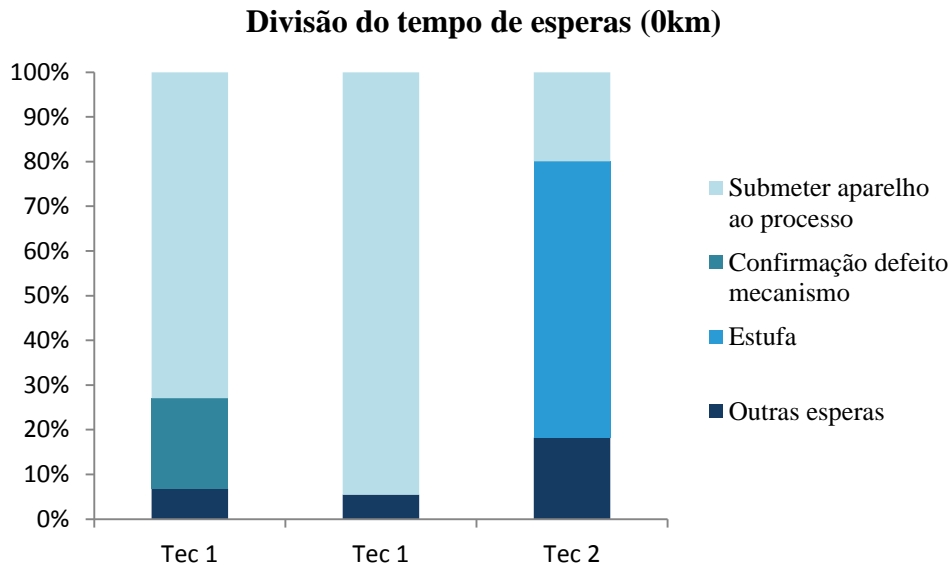


Figura 21 – Divisão do tempo de esperas para os aparelhos 0km

Através da figura anterior observa-se que submeter o aparelho ao processo representa uma espera considerável para as três análises, ou seja, 73%, 94% e 20% do total das esperas. No caso da primeira e terceira análise é considerável a espera devido à confirmação do defeito no mecanismo pelo fornecedor e devido ao aparelho se encontrar



na estufa, respetivamente. Outras causas de esperas como atender o telefone, tirar dúvidas a colegas ou trata de assuntos de outros aparelhos não representam um valor significativo e desse modo foram agrupadas nas “outras esperas”.

Na Figura 22 encontra-se a divisão do tempo de análise para os aparelhos de campo.

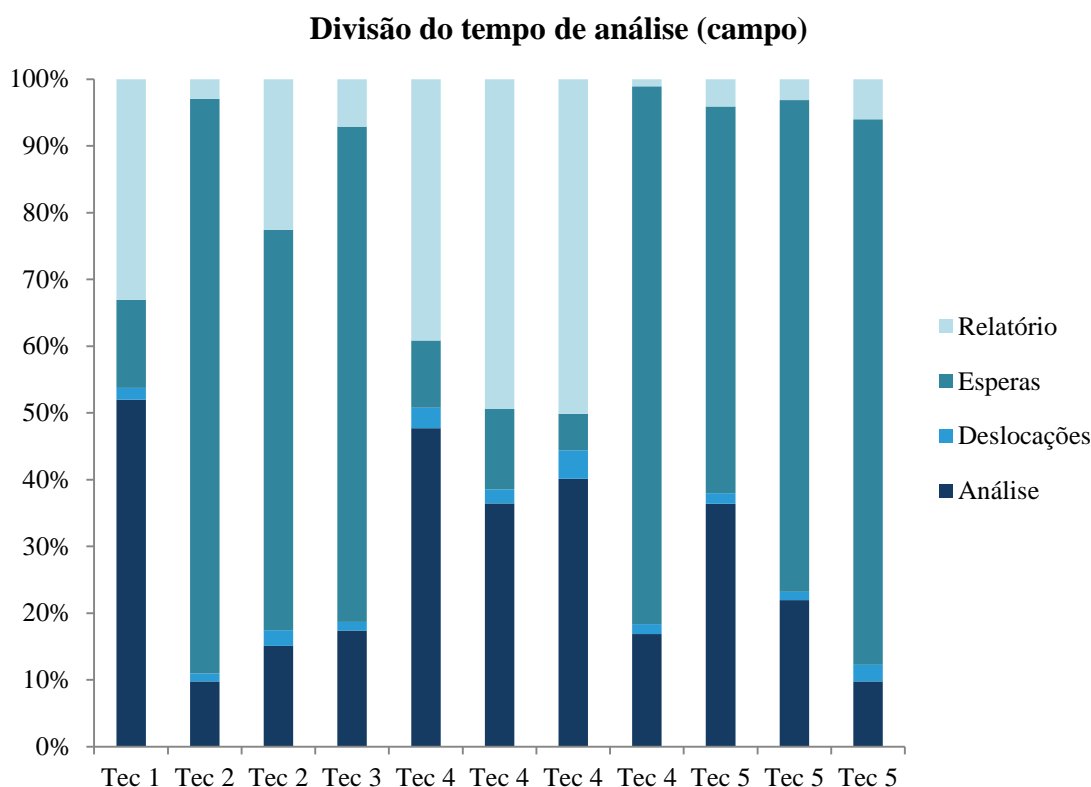


Figura 22 – Divisão do tempo da análise para os aparelhos de campo

Através da análise da figura anterior verifica-se que as análises de campo têm um comportamento semelhante às análises 0km (Figura 20), pois a maior parte do tempo da análise é dispendido na escrita do relatório e em esperas.

Durante o acompanhamento das análises, identificou-se que os aparelhos 0km só são analisados no primeiro turno sendo que a justificação dos técnicos para tal é o horário do técnico de TEF7<sup>11</sup> não ser compatível e os responsáveis da linha argumentarem que a produção no segundo turno se encontra atrasada.

<sup>11</sup> Da expressão anglo-saxónica *Processes and Technology of Inspection and Essay*

Também foi possível verificar que frequentemente as etapas definidas no fluxograma do processo de análise (Figura 7 e Figura 34) não são cumpridas pela ordem definida ou não são realizadas.

#### **4.3.3 *Checkpoint* – Ponto da situação no final da fase Analisar**

O objetivo desta fase era analisar o processo e identificar as causas raiz do problema. Esse objetivo foi atingido com sucesso, identificou-se as esperas, engenheiro residente, deslocações e laboratório como as causas que afetam o tempo de análise. Nesta etapa também foram identificadas as causas para as quais serão apresentadas soluções de melhoria na próxima fase.

#### **4.4 *Melhorar***

Na fase de melhorar pretende-se desenvolver e implementar soluções para as causas identificadas na fase anterior de modo a aumentar eficiência do processo em estudo.

As soluções de melhoria apresentadas têm como base as prioridades identificadas no *Mind Map*. Apesar de na secção anterior ter sido efetuada uma análise preliminar dos problemas, na preparação das ações de melhoria esses problemas serão analisados com maior detalhe. Na Tabela 9 é apresentado um resumo com as prioridades dos problemas e as ações a tomar bem como a data de implementação.

Tabela 9 – Problemas identificados e ações previstas

Prior.	Grupo	Problema	Ação	Implem.
1	Deslocações	Deslocações a PQA <sup>12</sup>	Criação de <i>milk run</i> entre os pontos de receção de QMM1 Lab e PQA para o tratamento de reclamações de peças defeituosas	05/09/11
1	Eng. Residente	Descrição pouco clara do defeito	Formação aos SWQ; <i>Check-list</i> de preenchimento obrigatório	02/01/12
1	Esperas	Submeter aparelho ao processo	Apenas aparelhos com responsabilidade B são submetidos ao processo; Responsabilidade do QPM em preparar a linha de produção e contactar o TEF7	19/09/11
1	Laboratório	Falta de <i>templates</i> para relatório da análise	Novo <i>template</i> para o relatório de análise	05/09/11
1		GILA não permite acesso <i>multi-user</i>		
2		Incumprimento das prioridades do GILA	Alterações ao funcionamento do sistemas GILA	02/01/12
2		Falta de lançamento do aparelho no GILA		
2		Gestão dos recursos	Monitorizar e controlar o desempenho individual e global dos técnicos; Implementar reuniões semanais; Criação de subgrupos de análise segundo os clientes.	19/09/11
2		Técnicos	Formação em línguas estrangeiras, informática, novos aparelhos e software	05/09/11
3		Material de uso comum fora do local	Criação de zonas para colocação do material de uso comum	25/07/11
3		Falta de telefones	Colocação de um telefone por bancada	18/07/11

As ações de melhoria mais simples serão as primeiras a ser implementadas enquanto as mais complexas ou que necessitam de mais recursos apenas serão implementadas a médio prazo.

<sup>12</sup> Da expressão anglo-saxónica *Plant Quality Automotive*

#### 4.4.1 Deslocações a PQA

As deslocações a PQA têm prioridade 1 de intervenção pois são um meio elevado de dispêndio de tempo e não acrescentam valor ao processo de análise. No caso dos aparelhos 0km em que a causa do defeito é devido a uma peça do fornecedor, após analisar a causa o técnico tinha de gerar um relatório 8D que era assinado pelo coordenador do laboratório, e em seguida levava o 8D a PQA para ser assinado pelo responsável juntamente com a peça/componente defeituoso.

De acordo com as normas internas cada técnico levava o seu 8D juntamente com a peça ao PQA responsável, e apenas a podia deixar após este assinar o 8D, no caso de ele não estar teria de voltar mais tarde.

Na Figura 23 encontra-se um esquema do processo atual.

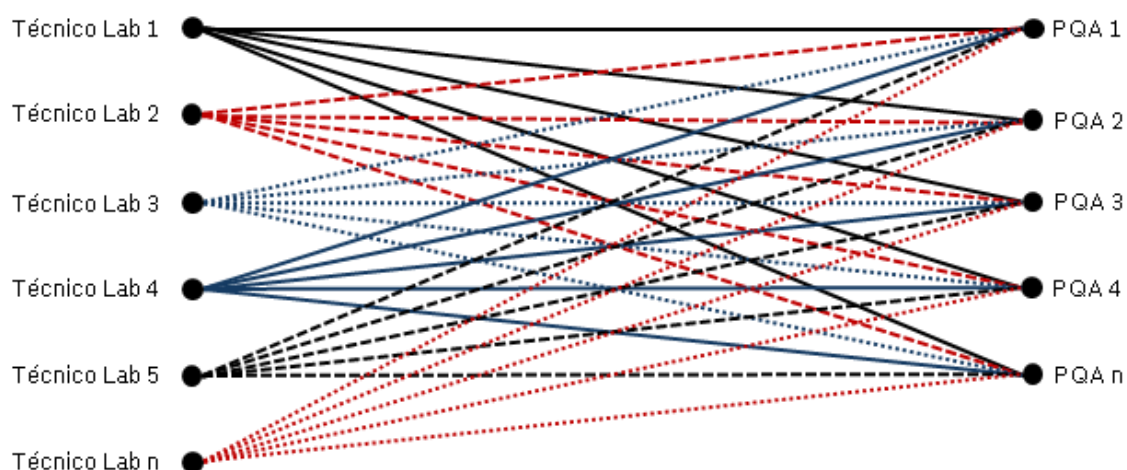


Figura 23 – Processo atual de deslocações a PQA

Nos aparelhos de campo em que a causa do defeito é devido a uma peça do fornecedor, os técnicos informavam por correio eletrónico o responsável de PQA e colocavam a peça a reclamar numa caixa devidamente identificada para esse defeito. Duas pessoas de QMM9 tinham a responsabilidade de recolher as peças de campo e levá-las a PQA, mas não havia nenhum horário de entrega predefinido.

De modo a melhorar o processo de tratamento de peças defeituosas é proposto a criação de um *milk run* entre o local de receção das peças em QMM1 Lab e a receção em PQA

(Figura 24). O processo de tratamento de peças defeituosas será igual para os aparelhos 0km e de campo.

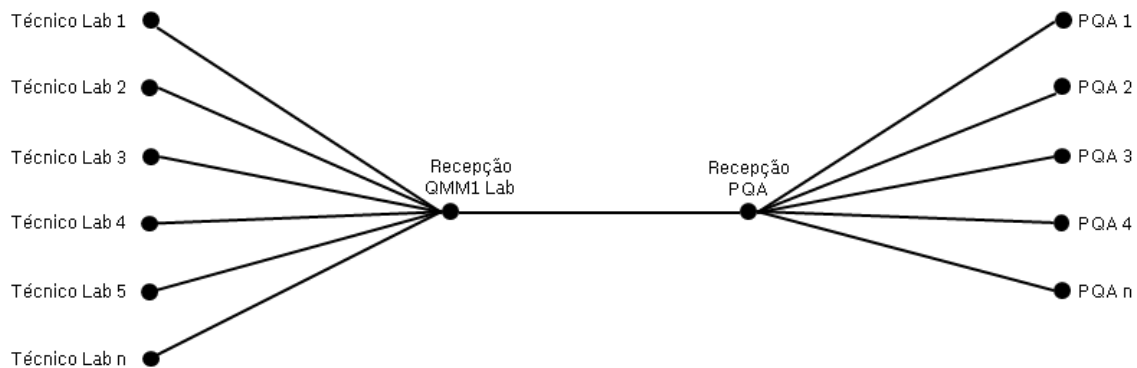


Figura 24 – Processo proposto de deslocações a PQA

Após fechar a investigação no IQIS, o técnico deve criar um 8D da reclamação e enviá-lo por correio eletrónico, juntamente com o relatório de análise, para o responsável da peça a reclamar. Para proceder à reclamação do material o técnico deve imprimir a primeira página do relatório de análise e agrafá-lo à embalagem que contém a peça a reclamar. O material deve ser colocado numa caixa devidamente identificada para o efeito, que se encontra no mesmo local onde se colocavam as peças a reclamar dos aparelhos de campo.

A pessoa responsável de QMM1 irá fazer o *milk run* todos os dias no horário definido (11:00). A responsável pela receção em PQA terá como função distribuir as peças reclamadas às pessoas responsáveis. De modo a permitir a rastreabilidade aquando da entrega do material à responsável pela receção em PQA, esta deve assinar a primeira página do relatório de análise e devolve-la à pessoa responsável de QMM1 que faz o *milk run*. Como o volume de peças a reclamar não é significativo o *milk run* só será realizado uma vez por dia.

Com a criação de *milk run* entre os pontos de receção de QMM1 Lab e PQA pretende-se reduzir as deslocações dos técnicos e aumentar o tempo disponível para realizarem análises.

#### 4.4.2 Descrição pouco clara do defeito

Ao nível do Engenheiro Residente identificou-se a “descrição pouco clara do defeito” como um problema com prioridade elevada de ação.

Não existe um processo normalizado para a descrição da reclamação, ou seja, a objetividade ou não da descrição depende muito do engenheiro residente. Alguns Engenheiros Residentes apresentam uma descrição completa da reclamação juntamente com uma *check-list* enquanto outros apresentam uma descrição muito genérica, como por exemplo “falha elétrica” ou “aparelho desliga-se”.

No processo atual quando o aparelho se encontra dentro das especificações o Assistente ao Cliente pede mais detalhes sobre o defeito ao Engenheiro Residente. No caso de este lhe fornecer novos dados é realizada uma nova análise segundo essa descrição, caso contrário a responsabilidade do defeito mantém-se (Figura 25).

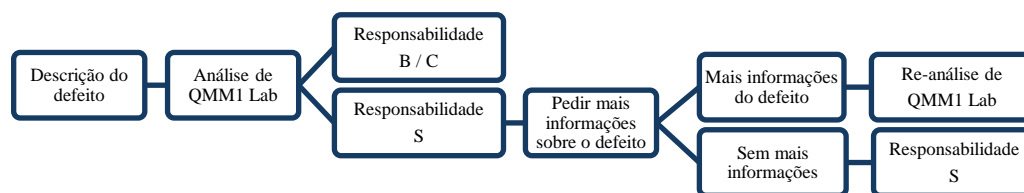


Figura 25 – Processo atual de solicitar mais informações sobre os defeitos

Como se verifica pela figura anterior quando o SWQ fornece mais informações sobre o defeito existe a necessidade de fazer uma nova análise ao aparelho, ou seja, o mesmo aparelho é submetido a duas análises. No caso de não serem proporcionados mais esclarecimentos, o tempo de análise compreende o tempo da primeira análise e o tempo de espera por mais informações, mas caso o engenheiro residente forneça mais informações o tempo de análise compreende o tempo da primeira análise, o tempo de espera por mais informações e o tempo da segunda análise.

Na Figura 26 é apresentado um exemplo de uma análise com a descrição pouco clara do defeito.

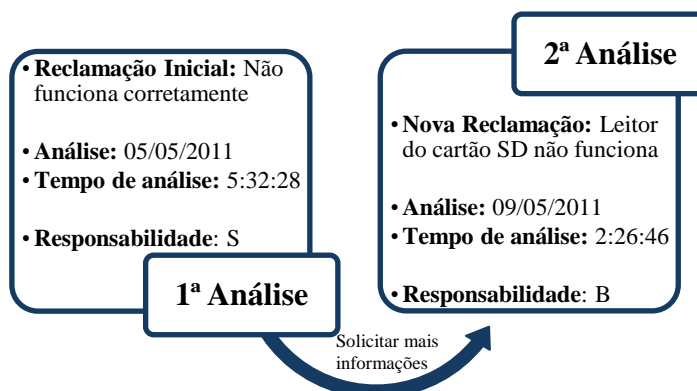


Figura 26 – Exemplo de uma análise com descrição pouco clara do defeito

Pela análise da figura anterior observa-se que a descrição inicial do defeito era “não funciona corretamente” e após uma análise de 5:32 horas o técnico não encontrou defeito. O AC solicitou mais informações sobre a reclamação e quatro dias mais tarde recebeu a descrição “leitor do cartão SD não funciona”, depois de uma re-análise (2:26:46) a responsabilidade do defeito recaiu sobre a empresa.

A análise ao aparelho iniciou-se no dia 05/05/2011, mas devido ao atraso no envio de mais informações sobre o defeito pelo SQW só foi concluída no dia 09/05/2011, e o tempo efetivo de análise foi de 7:59:24. Através do exemplo da Figura 26 conclui-se sobre o efeito da descrição da reclamação no tempo de análise e na responsabilidade do defeito.

No caso de todos os Engenheiros Residentes serem sensibilizados sobre a importância de uma descrição clara e objetiva do defeito e receberem formação sobre como fazer essa descrição, o técnico pode focar a sua análise nessa descrição e caso não confirme o defeito é que segue com o procedimento definido da análise. De modo a auxiliar na objetividade e clareza da descrição do defeito os Engenheiros Residentes devem preencher uma *check-list*.

Como vantagem da implementação da *check-list* obtém-se uma redução do tempo de análise (eliminado o tempo de espera por mais informações e a segunda análise) e diminuição dos casos dos aparelhos sem defeito (responsabilidade S).

Mas uma vez que todos os Engenheiros Residentes vão necessitar de formação esta medida apenas será implementada em janeiro de 2012.

#### 4.4.3 Submeter aparelho ao processo

Devido a normas internas, durante a análise todos os aparelhos 0km têm de ser submetidos ao processo de produção de modo a averiguar se o processo tem capacidade de detetar os defeitos. Os técnicos têm de acompanhar todo o processo de passagem do aparelho na linha o que representa bastante dispêndio de tempo. No processo atual, os técnicos tem de se deslocar à linha de produção (MOE2), procurar o responsável da linha (QPM) e o técnico (TEF7), depender da cadência de produção e do tipo de produto em linha. O TEF7 tem como função alterar o *software* da linha, de modo a permitir que aparelhos com software mais antigos possam ser submetidos ao processo.

Como foi referido anteriormente, o objetivo de passar o aparelho na linha de produção é testar a robustez do processo em detetar o defeito, de modo a minimizar as falhas que passam para o cliente. Deste modo, sugere-se que apenas os aparelhos em que a responsabilidades do defeito seja atribuído à Bosch ou aos seus fornecedores sejam submetidos ao processo, pois não faz sentido testar o processo com aparelhos que não apresentem defeito ou que a causa seja da responsabilidade do cliente (Figura 27). Com esta limitação aos aparelhos de responsabilidade B pretende-se reduzir o tempo de movimentações e esperas e consequentemente o tempo de análise.

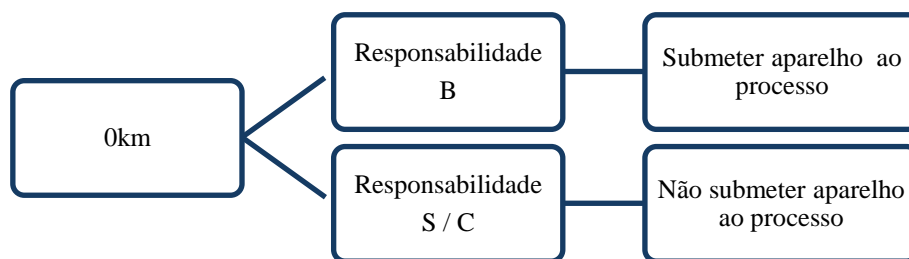


Figura 27 – Decisão de submeter o aparelho ao processo

Outras das melhorias propostas para reduzir o tempo de espera é o técnico antes de se deslocar a MOE2 contactar o QPM de modo a agendar a melhor altura para passar o



aparelho na linha de produção. O QPM terá como função contactar o TEF7 e preparar a linha e quando tudo tiver operacional entrará em contacto com o técnico.

Com as medidas sugeridas pretende-se que os aparelhos 0km também sejam analisados no segundo turno uma vez que estes têm um prazo de análise mais reduzido.

#### **4.4.4 Alterações no funcionamento do Laboratório**

Ao nível do laboratório foram identificados oito problemas com prioridades de intervenção de nível 1 a 3 que serão analisados nas secções seguintes.

##### **4.4.4.1 Falta de *templates* para relatório da análise**

Um dos problemas identificados no *Mind Map* foi a falta de *templates* para o relatório de análise. Dependendo do tipo de defeito, o técnico descrevia a análise num *template* de *e-mail* (Figura 35) ou acrescentava uma apresentação em *PowerPoint* (Figura 36). Apenas existia *template* definido para *e-mail* e os detalhes da investigação eram deixados ao critério do técnico, o que levava a uma descrição subjetiva e pessoal sendo em alguns casos muito superficial ou extensa. Em relação à apresentação em *PowerPoint* alguns técnicos retratavam todos os passos da investigação com fotos enquanto outros apenas a análise do modo de falha. Durante a observação do processo o tempo médio de preenchimento do relatório de análise foi de dezasseis minutos.

De modo a melhorar e padronizar o processo do relatório de análise foi proposto um *template* que irá conter a informação do *e-mail* e da apresentação em *PowerPoint*. O novo *template* foi desenvolvido com o auxílio do coordenador do laboratório e dos técnicos de modo a incluir todas as variáveis necessárias.

Na Figura 28 encontra-se parte do *template* proposto.


 <b>BOSCH</b> BrgP/QMM1		ANALYSIS REPORT 2011-10-21	
<b>Analysis Steps</b>			
<b>External visual inspection</b>			
1.0 Device measurement	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> discrepancy	
1.1 Foreign bodies	<input type="checkbox"/> not present	<input type="checkbox"/> present	
1.2 Damages	<input type="checkbox"/> not visible	<input type="checkbox"/> visible	
1.3 Traces of fire/fluid	<input type="checkbox"/> no traces	<input type="checkbox"/> traces	
1.4 Connector box	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	
Comments:	Free text area to type comments if needed related with chapter 1.x		
<b>Error memory trace reading</b>			
2.0 EM trace	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> not applicable
Link to EM trace file:	<a href="#">Link to EM trace file</a>		
Comments:	Free text area to type comments if needed related with chapter 2.x		
<b>Unit basic functional test</b>			
3.0 Tuner functional test	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
3.1. CD functional test	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
3.2. Navigation functional test	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
3.3. Audio quality	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
3.4. Fascia functional test	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
3.5. Peripherals	<input type="checkbox"/> good	<input type="checkbox"/> bad	<input type="checkbox"/> not applicable
Comments:	Free text area to type comments if needed related with chapter 3.x		
<b>Unit internal inspection</b>			
4.0 Main PCB (Tracks, solder joints)	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> discrepancy	
4.1. Assembly (Connectors, Screws)	<input type="checkbox"/> in order	<input type="checkbox"/> not ok	
4.2. Foreign bodies	<input type="checkbox"/> not present	<input type="checkbox"/> present	
Comments:	Free text area to type comments if needed related with chapter 4.x		
<b>5.0 Assembly process result</b> <input type="checkbox"/> ok <input type="checkbox"/> not ok <input type="checkbox"/> Not applicable			
<div> <div>Comments:</div> <div>Free text area to type comments if needed related with chapter 5.0</div> </div>			
<b>Reproduction test</b>			
6.0 Yellow board	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.1. Investigation on low temp. (-20°C)	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.2. Investigation on high temp. (85°C)	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.3. Electrical and functional tests	<input type="checkbox"/> in order	<input type="checkbox"/> out of specs	<input type="checkbox"/> not applicable
6.4. Aging test	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.5. Vibration test	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.6. Road test	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
6.7. Others (e.g.: noise test, etc.)	<input type="checkbox"/> ok	<input type="checkbox"/> not ok	<input type="checkbox"/> not applicable
Comments:	Free text area to type comments if needed related with chapter 6.x		

Figura 28 – Template para o relatório de análise

Antes da implementação do novo *template*, este foi sujeito a um período de testes onde se verificou a eficácia na redução do tempo de escrita do relatório.

A implementação do novo *template* tem como vantagens:

- Relatório de análise objetivo e padronizado;
- Maior facilidade no preenchimento (*check-list*);
- A informação necessária/completa é apresentada;
- Menos tempo dispendido na escrita (irá substituir o relatório de análise antigo e a apresentação);
- Assegurar que as etapas definidas no fluxograma do processo de análise sejam cumpridas pela ordem definida.

#### 4.4.4.2 Alterações ao funcionamento do sistema GILA

De modo a tornar o processo de suporte das análises mais eficiente sugere-se as seguintes alterações ao funcionamento do sistema GILA:

- Permitir o acesso *multi-user*;
- Considerar a data de criação da reclamação no IQIS para o sistema de prioridades;
- Alertar sobre o incumprimento das prioridades.

Atualmente o GILA não permite a consulta de vários utilizadores em simultâneo o que provoca alguns constrangimentos. Pelo facto de ser *single-user* e de modo a melhorar o processo de trabalho, os técnicos tem por norma criar no início do turno um ficheiro com os próximos aparelhos a analisar e só atualizarem a informação dos aparelhos analisados no final do turno. Essas simplificações, em alguns casos, levam à consulta de informação desatualizada, como por exemplo, ir à procura de um aparelho no armazém que já começou a ser analisado por outra pessoa.

De modo a permitir que todos os técnicos tenham sempre acesso a informação atualizada, sugere-se que o GILA permita acesso a vários utilizadores em simultâneo.

Para a gestão do sistema de prioridades dos aparelhos a analisar, o GILA apenas considera a data de entrada do aparelho no armazém e as prioridades (0km prioridade 1 e campo prioridade 2). No processo atual, os aparelhos 0km entram logo no armazém mas para os de campo, devido a restrições de espaço ou de tempo, nem sempre isso acontece. Deste modo um dispositivo de campo com data de reclamação mais antiga mas que demorou mais tempo a ser desembalado ou a chegar ao armazém, pode dar entrada no GILA mais tarde do que outro com data de criação da reclamação mais recente, sendo este último analisado em primeiro lugar.

Como melhoria propõem-se que a data de criação da reclamação no IQIS também seja considerada no sistema de prioridades de modo a assegurar que os dispositivos com data de reclamação mais antiga sejam analisados primeiro, independentemente do tempo de transporte ou do tempo que aguardam nas paletes até darem entrada no armazém.

Apesar do armazém seguir um sistema FIFO condicionado pelas prioridades, estas nem sempre são cumpridas pois em muitos casos os Assistentes ao Cliente pressionam os técnicos para analisarem primeiro os seus aparelhos.

Sugere-se como melhoria que o GILA tenha um sistema que assegure a obrigação do cumprimento das prioridades exceto em situações autorizadas pelo coordenador e tenha um sistema que alerte sobre os dispositivos que ainda não foram analisados e tenham o prazo disponível para análise a terminar.

#### 4.4.4.3 Gestão dos recursos

Como foi referido anteriormente, cada técnico tem definido um objetivo diário de analisar dois a três aparelhos mas atualmente isso não é controlado.

Através da análise dos dados recolhidos durante a observação do processo estima-se que o tempo médio de análise de um aparelho, independentemente da origem, seja de 4:00 horas com um desvio padrão de 2:00 horas. Deste modo, estima-se que em média cada técnico analise dois aparelhos por dia.

Sugere que através do GILA sejam recolhidos dados de modo a controlar o desempenho individual dos técnicos e o desempenho global do laboratório.

Um dos problemas identificados pelos técnicos foi a falta de comunicação entre o coordenador do laboratório e a restante equipa. Muitos técnicos queixam-se que nem todos são informados sobre as alterações que acontecem, a quantidade e a qualidade das análises não são controlados e apesar de estar instituído um *Point CIP* semanal, este raramente é efetuado.

Sugere-se que o *Point CIP* semanal volte a ser realizado e nele seja discutido o desempenho global do laboratório, informações sobre assuntos relevantes e parte do tempo dispensada para os técnicos clarificarem as suas dúvidas e problemas.

Durante a observação do processo verificou-se que alguns técnicos estavam divididos informalmente pelo tipo de dispositivo (CR/DI) e cliente (WV/GM/.../FIAT/) e apenas analisavam os aparelhos da sua responsabilidade mesmo no caso de existirem outros aparelhos mais prioritários para serem analisados.

De modo a facilitar a gestão dos técnicos e dos aparelhos por analisar sugere-se a criação de subgrupos de análise segundo os clientes. A divisão dos técnicos será efetuada segundo as suas características técnicas e do aparelho e a quantidade de técnicos alocados a cada subgrupo será feita de acordo com o número de aparelhos recebidos. Com esta medida pretende-se que as responsabilidades de cada técnico estejam claramente explícitas e que cada Assistente ao Cliente oriente o seu grupo consoante as prioridades das suas análises.

#### 4.4.4.4 Formação dos técnicos

Como se verifica pela Figura 20 e Figura 22 alguns técnicos dispensam uma grande parte do tempo disponível a redigirem o relatório de análise, em parte isso deve-se às dificuldades ao nível de línguas estrangeiras e informáticas uma vez que o relatório deve ser escrito em inglês. As dificuldades ao nível das línguas estrangeiras também são sentidas quando os técnicos têm de consultar a descrição da reclamação pois esta é feita segundo a língua do cliente (alemão/francês/inglês). Em ambas as situações os técnicos tem por hábito consultar os tradutores automáticos o que em muitos casos distorce o significado pretendido.

Uma vez que a empresa tem planos de formação gratuitos para os seus colaboradores sugere-se que sejam recolhidas as limitações e necessidades de cada técnico, ao nível de línguas e informática, de modo a serem solucionadas com um plano de formação adequado.

Outro dos problemas identificados pelos próprios técnicos foi a falta de formação em relação a novos aparelhos e na interpretação do EM-TRACE (software) dos aparelhos. No EM-TRACE é apresentado todo o histórico do aparelho mas atualmente a análise dos técnicos nesse aspeto é muito reduzida pois apenas se limitam a comparar o EM-TRACE atual com alguns problemas já identificados.

Para colmatar esses problemas sugere-se que aquando da produção de novos aparelhos seja dada formação específica ao grupo de técnicos que os irão analisar e aumentar a

formação dos técnicos na área do software de modo a identificarem facilmente os problemas e diminuir as esperas por respostas do desenvolvimento.

#### 4.4.4.5 Material de uso comum fora do local de origem

Outro dos problemas identificados durante a observação do processo foi o tempo dispendido pelos técnicos à procura de material de uso comum como a máquina fotográfica, telemóvel, cabos de ligação, entre outros.

Propôs-se a criação de locais para colocação do material de uso comum de modo a uma melhor organização da área de trabalho, evitando deslocações desnecessárias e a quebra do ritmo do trabalho. Após a utilização do material de uso comum os técnicos devem voltar a colocá-lo no local de origem.

Em cada bancada serão colocados à disposição dos técnicos todo o material de uso corrente necessário, como cd's de teste, antenas, cabos de ligação, etiquetas com a responsabilidade do defeito e sacos antiestáticos para colocar as peças a reclamar. Será da responsabilidade de cada técnico assegurar a reposição e bom funcionamento deste material.

O material unitário de uso comum como a máquina fotográfica, telemóvel e leitor mp3 será colocado num local central do laboratório e serão demarcadas linhas brancas para identificar o local de armazenamento. Como os cabos de ligação do aparelho à Blaubox depende do tipo de aparelho a ser analisado serão colocados à disposição um cabo de cada tipo por cada duas bancadas.

#### 4.4.4.6 Falta de telefones

Durante a observação do processo de análise foi possível identificar que apenas existia um único telefone para 15 técnicos e devido a essa condicionante, os técnicos eram constantemente interrompidos para passarem chamadas telefónicas.

Como solução propôs-se que cada técnico tivesse um telefone na sua bancada de modo a evitar paragens para passar as chamadas telefónicas e o ruído para chamar a pessoa em causa, eliminar deslocamentos desnecessários e evitar a consulta/procura de números que podem estar gravados no próprio telefone (telefone antigo apenas tinha memória para 30 números).

#### **4.4.5 Checkpoint – Ponto da situação no final da fase Melhorar**

Nesta fase pretendia-se apresentar soluções de melhoria para as causas raiz do problema. Como melhorias propôs-se a criação de um *milk run* para eliminar as deslocações a PQA, utilização pelos SQW de uma *check-list* para melhorar a descrição do defeito e apenas submeter os aparelhos de responsabilidade B ao processo de produção. Foi ao nível do laboratório onde são efetuadas as análises que foram propostas mais melhorias, desde os equipamentos até aos próprios técnicos.

### **4.5 Controlar**

A presente fase tem como objetivo controlar as ações de melhoria implementadas na fase anterior de modo a assegurar que o processo não se desvia dos padrões definidos.

As principais tarefas nesta fase são:

- Avaliar o impacto e eficácia das melhorias;
- Identificar qualquer problema ocorrido nesta fase;
- Monitorizar continuamente o desempenho do processo.

A eficácia das ações de melhoria é efetuada pela medição novamente do processo e comparação com os dados iniciais.

### 4.5.1 Impacto e eficácia das melhorias

É difícil medir de modo isolado o impacto de cada melhoria na redução do tempo de análise, desse modo o impacto e eficácias das melhorias serão medidas em relação ao cumprimento ou não dos prazos de análise e nível sigma do processo. O período considerado corresponde às análises efetuadas entre o período de 1 de agosto de 2011 a 30 de setembro de 2011.

Na Tabela 10 é apresentada uma comparação entre os aparelhos recebidos e os aparelhos analisados pelo laboratório após a implementação da primeira fase de melhorias.

Tabela 10 – Quantidade de aparelhos recebidos e analisados após a implementação da primeira fase de melhorias

Origem	Tipo	Aparelhos recebidos	Aparelhos analisados	% aparelhos analisados
<b>0km</b>	CR	39	37	94,9%
	DI	57	42	73,7%
<b>Campo</b>	CR	150	105	70,0%
	DI	847	322	38,0%

Comparando os dados da tabela anterior com os dados do processo inicial (Tabela 3) verifica-se que a percentagem de aparelhos analisados aumentou no caso dos aparelhos CR enquanto nos aparelhos DI essa percentagem diminuiu, sendo que o facto da nova medição decorrer durante o período de férias de alguns técnicos condicionou o número de aparelhos analisados.

A percentagem de análises efetuadas fora do prazo antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias é apresentada na Figura 29.



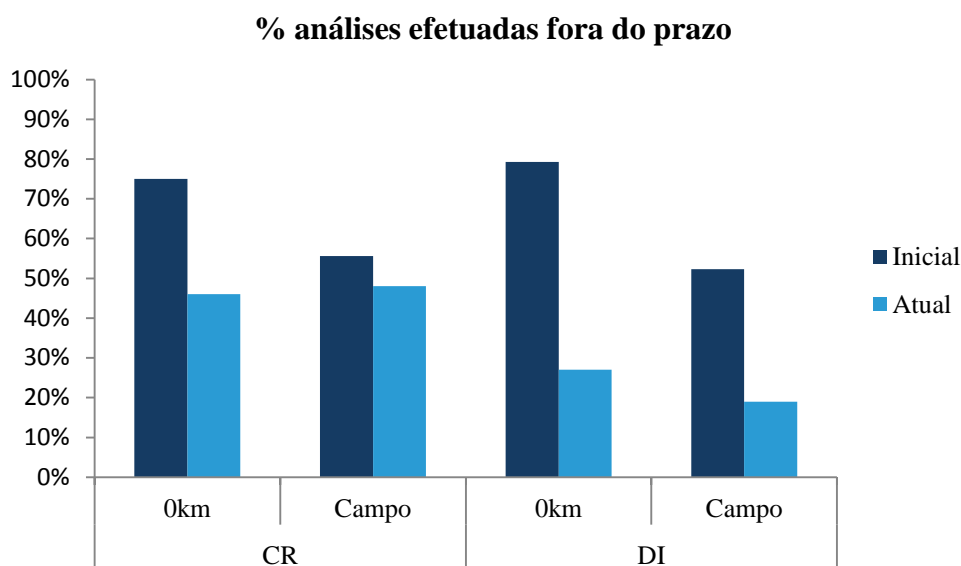


Figura 29 – Percentagem de análises efetuadas fora do prazo antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias

Pela observação da figura anterior verifica-se que houve uma redução do número de aparelhos analisados fora do prazo, no caso dos 0km essa redução foi mais significativa pois o processo também estava num estado muito crítico. Nos dispositivos CR 0km e campo houve uma redução de 29% e 7,6% no número de análises efetuadas fora do prazo, respetivamente, enquanto nos DI 0km a redução foi de 52,3% e nos de campo 33,3%.

Com as melhorias implementadas o tempo médio de análise (Figura 30) também diminuiu.

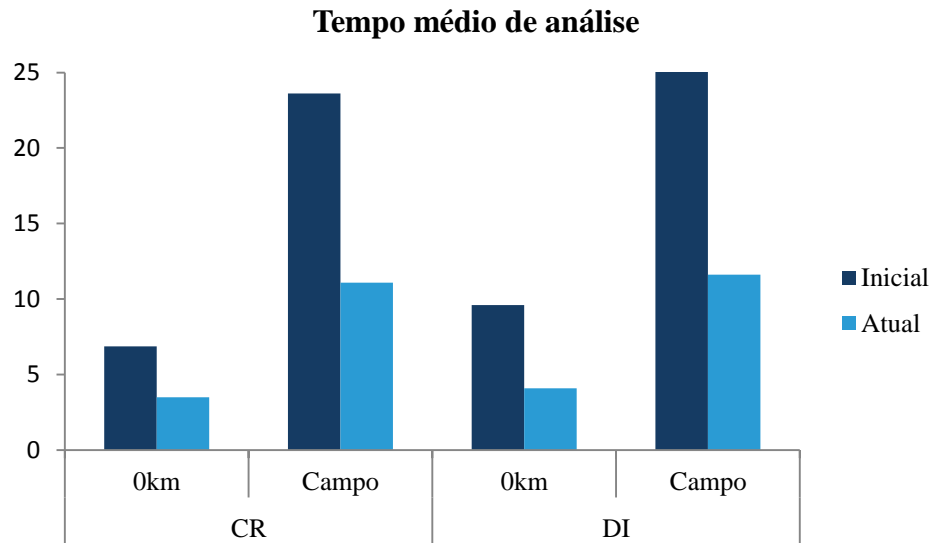


Figura 30 – Tempo médio de análise antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias

Apesar das melhorias já implementadas, o tempo médio de análise nos aparelhos 0km ainda é superior ao estabelecido, dois dias, enquanto no campo o objetivo dos quinze dias foi atingido. Nos aparelhos 0km, o tempo médio de análise passou de sete para quatro dias no caso dos CR e de dez dias para os cinco dias no caso dos DI, ao passo que nos aparelhos CR de campo houve uma redução no tempo médio de análise dos vinte e quatro dias para os onze e dos vinte e cinco para os doze dias nos aparelhos DI.

Na Figura 31 é apresentada a redução da variabilidade do tempo de análise após a implementação da primeira fase de melhorias.

### Variabilidade do tempo de análise

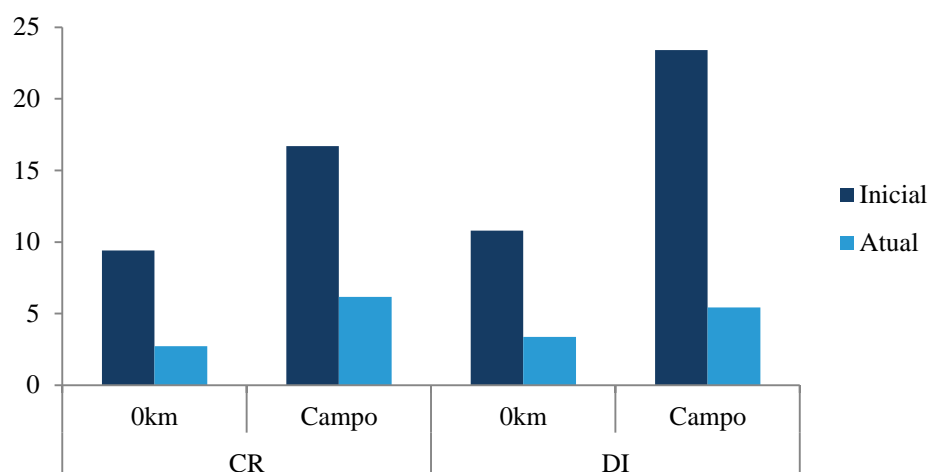


Figura 31 – Variabilidade do tempo de análise antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias

Como se verifica pela figura anterior, houve uma redução muito significativa da variabilidade do tempo de análise. No caso dos 0km, a redução foi de 9,4 dias para 2,7 dias nos CR e de 10,8 dias para os 3,4 dias nos DI, enquanto nos aparelhos provenientes do campo a redução foi de 16,7 dias para os 6,2 dias nos CR e 23,4 dias para os 5,4 dias nos DI.

Com os dados recolhidos também se calculou o nível sigma do processo após a implementação das melhorias (Figura 33).

Calculo do $\sigma$ do processo CR 0km						Calculo do $\sigma$ do processo CR Campo					
Recolha dos Dados		De		a		Recolha dos Dados		De		a	
		01-08-11		30-09-11				01-08-11		30-09-11	
Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Opp	DPMO	$\sigma$	Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Opp	DPMO	$\sigma$
17	37	1	37	750000	1,60	28	105	1	105	555556	2,12

Calculo do $\sigma$ do processo DI 0km						Calculo do $\sigma$ do processo DI Campo					
Recolha dos Dados		De		a		Recolha dos Dados		De		a	
		01-08-11		30-09-11				01-08-11		30-09-11	
Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Opp	DPMO	$\sigma$	Defeitos	Unidades	Oportunidade	Total Opp	DPMO	$\sigma$
20	42	1	42	793478	1,56	60	322	1	832	522837	2,39

Figura 32 – Nível sigma atual

Na Figura 33 é apresentada a comparação entre o nível sigma inicial, o nível sigma atual e o objetivo pretendido pela empresa. Como foi referido na fase de Medir, o nível sigma inicial era inferior a três por isso era esperado uma redução dos DPMO de 90%.

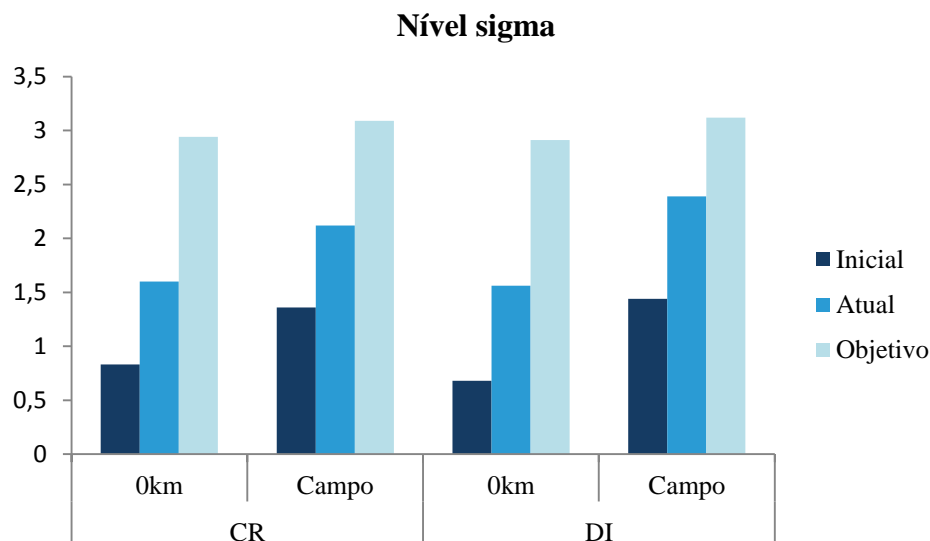


Figura 33 – Nível sigma antes e depois da implementação da primeira fase de melhorias

Após a implementação da primeira fase de melhorias verifica-se que o nível sigma melhorou em relação ao inicial mas o objetivo proposto ainda não foi atingido.

No Anexo D é apresentada uma análise estatística adicional aos resultados obtidos após a implementação da primeira fase de melhorias.

Devido às limitações do prazo do projeto, o período de recolha dos novos dados iniciou-se e nem todas as melhorias da primeira fase estavam implementadas, por exemplo a alteração do procedimento de reclamações de peças defeituosas, o *template* para o relatório da análise e apenas submeter os aparelhos com responsabilidade B ao processo só foram implementadas em setembro. Esse período também coincidiu com o período de férias de alguns técnicos, por isso admite-se que se o período de recolha de dados fosse realizado após todas as melhorias o nível sigma medido seria superior ao atual.

Uma vez que as melhorias ao nível da alteração do procedimento de descrição da reclamação pelo SWQ e do funcionamento do GILA só serão implementadas em janeiro de 2012 é expectável que a partir dessa data o objetivo para o nível sigma do processo seja atingido.

Após as melhorias estarem todas implementadas deve-se medir novamente o nível sigma do processo de modo a verificar se o objetivo foi atingido.

#### **4.5.2 Problemas ocorridos durante a fase Controlar**

As melhorias em relação às deslocações a PQA e submeter os aparelhos ao processo envolviam outros departamentos da empresa o que numa fase inicial causou um pouco de resistência por parte desses departamentos em alterar os procedimentos existentes. Mas após a argumentação sobre as vantagens e eficácia dessas alterações esse problema foi resolvido.

Aquando da implementação do novo *template* alguns técnicos apresentaram dificuldades no seu preenchimento mas com um pouco de formação e esclarecimentos esse problema foi rapidamente ultrapassado.

#### **4.5.3 Monitorização e controlo do processo**

Muitas das melhorias implementadas consistiram na alteração de procedimentos logo o controlo da sua aplicação é realizado de um modo simples e quase automático.

As alterações em relação às deslocações a PQA, tipo de aparelhos a submeter ao processo e preenchimento do *template* do relatório de análise são controladas de modo imediato pelo coordenador pois consiste em verificar se todos os técnicos cumprem as alterações definidas.

O problema do não cumprimento das prioridades dos aparelhos a analisar será solucionada com as alterações de funcionamento do GILA, de modo a facilitar o controlo o coordenador do Laboratório será alertado sempre que um aparelho ultrapasse o prazo de análise definido.

Em relação ao material de uso comum foram definidos locais de armazenamento demarcados por linhas brancas o que permite controlar de modo visual e instantâneo se o material se encontra no local correto.

Como foi referido na fase anterior, o desempenho individual e global do laboratório será controlado semanalmente com recurso ao número de análises realizadas. Esses dados

serão extraídos de modo automático do GILA e o coordenador do laboratório será o responsável pela recolha e compilação dos mesmos.

#### **4.5.4 *Checkpoint* – Ponto da situação no final da fase Controlar**

As expectativas para este projeto eram muito elevadas pois pretendia-se uma redução no tempo de análise dos aparelhos e consequentemente uma redução da quantidade de aparelhos em armazém por analisar, aumento da produtividade do laboratório, melhoria do serviço ao cliente, padronização do processo de análise e melhoria dos indicadores de qualidade 0km e campo.

Após a verificação da eficácia e impacto das melhorias sugeridas verifica-se que o objetivo de redução de 90% do nível sigma ainda não foi atingido mas espera-se que após a implementação de todas as melhorias esse objetivo seja atingido. Em relação ao tempo médio de análise nos aparelhos 0km ainda é superior a dois dias mas nos de campo o objetivo dos quinze dias foi conseguido.



## **5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS**

Neste capítulo apresentam-se as conclusões e contribuições do estudo, assim como algumas limitações que surgiram durante o projeto e sugestões para trabalhos futuros.

### ***5.1 Conclusões e contribuições do projeto de investigação***

O presente projeto de investigação contribui para uma melhor compreensão da realidade industrial e dos seus problemas bem como consolidar o nível de conhecimento da metodologia Seis Sigma e da sua aplicação em serviços.

A partir do estudo realizado, concluiu-se que a metodologia Seis Sigma centra-se na melhoria da qualidade de produtos e serviços, ajudando as organizações a produzir de uma forma mais rápida, mais económica e com mais qualidade.

Pode-se afirmar que o objetivo principal da dissertação foi atingido. A aplicação da metodologia Seis Sigma e das suas ferramentas contribuiu para a melhoria do processo de análise de produtos defeituosos. Com as melhorias implementadas conseguiu-se reduzir o tempo médio de análise e essencialmente a variabilidade, sendo que nos aparelhos de campo atingiu-se o prazo de análise definido (15 dias) enquanto nos 0km caminha-se para esse objetivo (2 dias).

Além dos benefícios que o projeto trouxe de forma direta e indireta para a empresa, como o aumento da produtividade, a padronização do processo de análise, a melhoria do serviço ao cliente e dos indicadores de qualidade, em termos pessoais foi uma experiência muito enriquecedora.

### ***5.2 Limitações***

Durante a realização do presente projeto surgiram alguns obstáculos como a falta de disponibilidade de alguns membros da equipa o que limitou o progresso do projeto.



A curta duração do projeto também foi um obstáculo pois não houve tempo para analisar algumas das causas menos prioritárias que afetam o processo de análise bem como controlar a eficácia das melhorias que vão ser implementadas após o término do projeto.

O facto do processo em estudo não seguir uma distribuição normal, ter uma componente não repetitiva e estar sujeito a muita variabilidade também limitou a sua evolução.

Segundo a metodologia DMAIC, a passagem de uma fase para a próxima envolve o cumprimento de um *checkpoint* que permite confirmar se os objetivos dessa fase foram cumpridos, desse modo a fase seguinte só se inicia quando a anterior tiver sido concluída. Mas uma vez que as melhorias foram implementadas de modo gradual, parte da fase Melhorar ocorreu em simultâneo com a fase Controlar.

### ***5.3 Sugestões para trabalhos futuros***

Como algumas melhorias só serão implementadas em janeiro de 2012, a empresa deve medir novamente o nível sigma do processo de modo a verificar se o objetivo proposto foi atingido.

Devido a algumas limitações, no *Mind Map* só foram identificadas com prioridades as causas sobre as quais havia mais conhecimentos e possibilidades de melhoria, consequentemente algumas causas não foram estudadas, sugerindo-se à empresa algumas melhorias futuras de modo a melhorar ainda mais o processo de análise dos aparelhos.

Nos casos em que os aparelhos não apresentam defeito estes têm de permanecer ligados à *Blaubox* e serem testados continuamente durante várias horas, deste modo ou o técnico liga o aparelho noutra bancada que esteja disponível e vai testando pontualmente ou enquanto testa esse aparelho não pode analisar outro rádio. Aconselha-se a empresa a estudar a viabilidade de permitir a ligação de dois aparelhos em simultâneo à *Blaubox*, com esta alteração seria possível os técnicos analisarem dois aparelhos simultaneamente e deste modo fazer testes mais exaustivos e melhorar o tempo de análise.

Outro do problema que não foi analisado foi o longo tempo de espera por resposta do desenvolvimento. Nos casos em que os aparelhos têm problemas de software ou de conceito, a análise e/ou o aparelho são enviados para o desenvolvimento (*Hildesheim* – Alemanha) de forma a darem suporte aos técnicos do laboratório. A autora sugere à unidade de Braga alertar a unidade de *Hildesheim* sobre a importância de uma resposta rápida e eficaz para a diminuição do tempo de resposta ao cliente, e serem encontradas medidas para tentar reduzir o tempo de resposta por parte do desenvolvimento.

Desta forma, o projeto além dos resultados alcançados servirá para justificar o início de novos projetos pois alguns níveis ficaram inferiores ao objetivo pretendido pela empresa o que significa que existem várias oportunidades de melhoria neste serviço.

O Seis Sigma é um processo de melhoria contínua e mesmo quando o processo se encontrar controlado a empresa deve adotar uma estratégia preventiva, prestando atenção à opinião dos clientes e a formação contínua dos técnicos, visando o aumento da eficácia e eficiência do processo de análise de produtos defeituosos.



## BIBLIOGRAFIA

- Abdolshah, M. (2009). Overcoming the Challenges of Implementating Six Sigma in Service Industries. ICIME 09 Proceedings of the 2009 International Conference on Information Management and Engineering, 191-195. IEEE.  
doi:10.1109/ICIME.2009.120
- Antony, Jiju. (2006). Six sigma for service processes. Business Process Management Journal, 12(2), 234-248. doi:10.1108/14637150610657558
- Antony, J., & Coronado, R.B. (2001). A strategy for survival. Manufacturing Engineer, 80(3), 119-121.
- Antony, Jiju, Antony, F. J., Kumar, M., & Cho, B. R. (2007). Six sigma in service organisations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. International Journal of Quality Reliability Management, 24(3), 294-311. doi:10.1108/02656710710730889
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. The TQM Magazine, 17(1), 5-18. Emerald Group Publishing Limited.  
doi:10.1108/09544780510573020
- Bañuelas, R., Antony, Jiju, & Brace, M. (2005). An Application of Six Sigma to Reduce Waste. Quality and Reliability Engineering International, 21(6), 553-570.  
doi:10.1002/qre.669
- Bosch Car Multimedia. (2011). Manual de Formação Seis Sigma. Braga.
- Breyfogle III, F. W. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Technometrics (pp. 1187). John Wiley & Sons, Inc. doi:10.2307/1271088
- Buck, C. (2011). Applications of six sigma to reduce medical errors . ASQ Congress Proceedings (pp. 239-242).

- Caruana, A. (2000). Service loyalty : The effects of service quality and the mediating role of customer satisfaction. *European Journal of Marketing*, 36(7/8), 811-828.  
doi:10.1108/03090560210430818
- Celerant Consulting. (2011). Better services with lower opex - everyone wins. Retrieved July 16, 2011, from  
<http://www.celerantconsulting.com/Downloads/CaseStudies/Short/Celerant CS - Better services with lower OPEX - everyone wins.pdf>
- Chakrabarty, A., & Tan, K. C. (2007). The current state of six sigma application in services. *Managing Service Quality*, 17(2), 194-208.  
doi:10.1108/09604520710735191
- Coronado, Ricardo Banuelas, & Antony, Jiju. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92-99. doi:10.1108/09544780210416702
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2006). *Gestão da Produção* (5th ed., pp. 318). Lisboa: Lidel.
- George, M. L., Maxey, J., Rowlands, D. T., & Upton, M. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 70 Tools for Improving Quality and Speed* (pp. 282). McGraw-Hill Professional.
- Hendry, L., & Nonthaleerak, P. (2006). Six Sigma: literature review and key future research areas. *Operations Management*, 2(2), 105-161. The Department of Management Science.
- Johannsen, F., Leist, S., & Zellner, G. (2010). Six sigma as a business process management method in services: analysis of the key application problems. *Information Systems and eBusiness Management*, 11(4), 1-26. Springer.  
doi:10.1007/s10257-010-0128-2
- Kumar, M., Antony, Jiju, Antony, F. J., & Madu, C. N. (2007). Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: a case study. *International Journal of Quality Reliability Management*, 23(7), 849-866. doi:10.1002/qre.840

- Kwak, Y., & Anbari, F. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5-6), 708-715. Elsevier. doi:10.1016/j.technovation.2004.10.003
- Liebermann, G. (2011). Apply Six Sigma for Process Improvement and Problem-Solving. *Chemical Engineering Progress*, (March), 53-60.
- Mcclusky, R. (2000). The rise , fall and revival of Six Sigma quality. *Measuring Business Excellence*, 4(2), 6-17. Retrieved from <http://0-www.proquest.com.pugwash.lib.warwick.ac.uk/>
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma : Methodology , Tools and its Future. *Assembly Automation*, 31(1), 1-20.
- Noone, B. M., Namasivayam, K., & Tomlinson, H. S. (2010). Examining the application of six sigma in the service exchange. *Managing Service Quality*, 20(3), 273-293. doi:10.1108/09604521011041989
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. Quality Progress (pp. 422). McGraw-Hill Professional.
- Patel, R., & Davidson, B. (1994). *The basics of research methodology: To plan, perform and report na inquiry* (2nd ed.). Stockholm: Studentlitteratur.
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality Reliability Management*, 27(2), 138-155. doi:10.1108/02656711011014276
- Riesenberger, C., & Sousa, S. D. (2010). Application of the Six Sigma methodology in customer complaints management. In M. D. Hanna (Ed.), *in program and proceedings of the 21st Annual conference of the Production and Operations Management Society* (p. 22). Vancouver.
- Rucker, R. (2000). Citibank increased customer loyalty with defect-free processes. *Journal of Quality and Participation*, 23(4), 32-36.

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students*. (E. U. P. Hall, Ed.) World Wide Web Internet And Web Information Systems (p. 656). Pearson Education Limited.
- Seth, N., Deshmukh, S. G., & Vrat, P. (2005). Service quality models: a review. *International Journal of Quality Reliability Management*, 22(9), 913-949. Bradford, West Yorkshire: MCB University Press, 1984-. doi:10.1108/02656710510625211
- Sheridan, J. H. (2000). Lean Sigma synergy. *Industry Week*, 249(17), 81-82.
- The Performance Management Group LLC. (2006). Who we've helped. Retrieved July 16, 2011, from <http://www.helpingmakeithappen.com/>
- Thomerson, L. D. (2001). Journey for excellence: Ketuchky's Commonwealth Health Corporation adopts six sigma approach. *ASQ's 55th Annual Quality Congress Proceedings* (pp. 152-158).
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*. (L. Bickman & D. J. Rog, Eds.) *Essential guide to qualitative methods in organizational research* (Vol. 5, p. 219). Sage Publications. doi:10.1046/j.1365-2648.2003.02790\_1.x

## **ANEXOS**

ANEXO A – Fluxograma do Processo

ANEXO B – Cumprimento dos prazos da análise

ANEXO C – Template de recolha de dados





## **ANEXO A**

### **Fluxograma do Processo**

O primeiro passo definido no procedimento de análise (Figura 34) consiste em realizar uma inspeção visual externa ao aparelho. Nesta fase o técnico verifica se o aparelho não está danificado, se não existem corpos estranhos ou se não há vestígios de fluidos. Caso não confirme o defeito deve avançar para a fase seguinte, ler o EM *TRACE* (apenas nos casos dos DI). Na próxima fase o técnico realiza o teste funcional, ou seja, analisa as funcionalidades do *tuner*, do *cd*, do sistema de navegação, da qualidade do áudio, da blenda e dos periféricos. Caso não confirme o defeito realiza os testes de temperatura, primeiro coloca o aparelho na estufa a frio e depois a quente de acordo com as temperaturas definidas para cada produto. Após cada teste de temperatura volta a realizar o teste funcional.

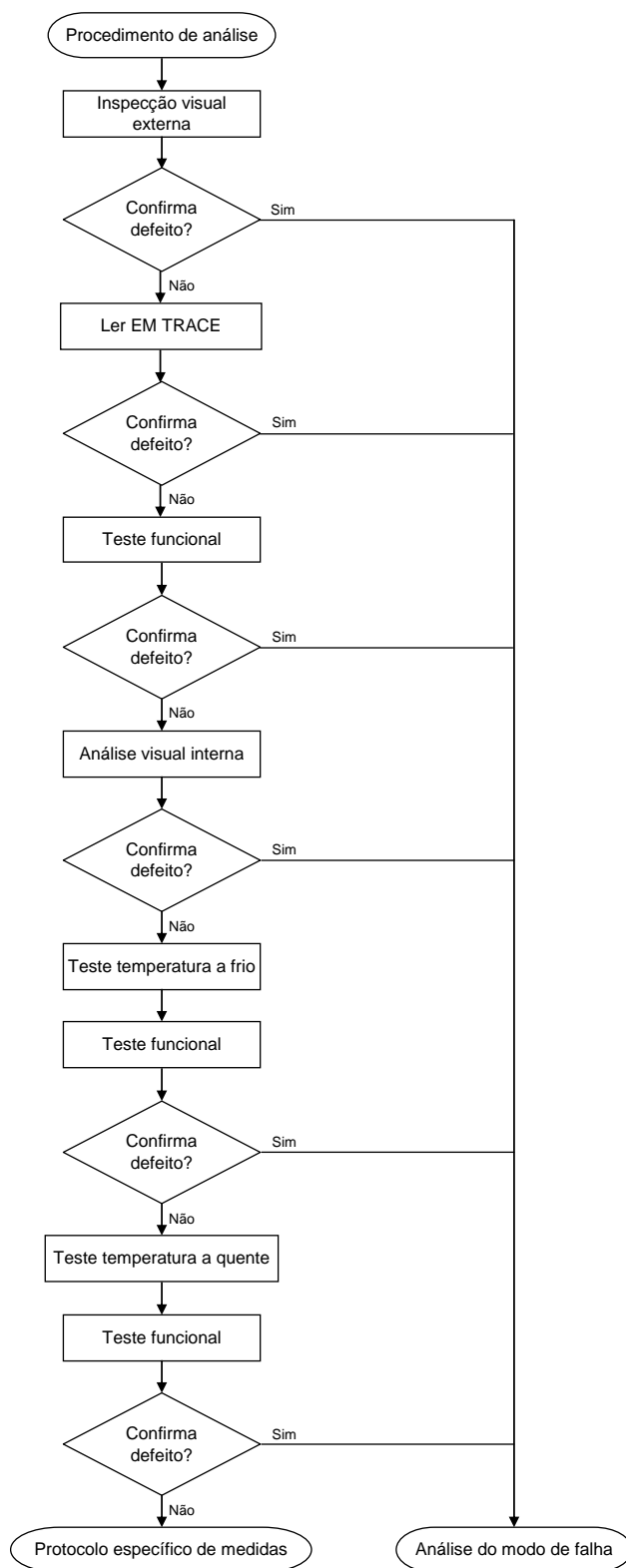


Figura 34 – Fluxograma do procedimento de análise definido

Após o fim da análise do modo de falha ou caso o aparelho esteja de acordo com as especificações, o técnico procede ao registo do relatório da análise e envio para o AC. O

relatório da análise é constituído pelo *template* de *e-mail* (Figura 35) e em alguns casos por uma apresentação em *PowerPoint* com os detalhes da análise (Figura 36).

Relatório de análise/Analysis report

---

→ Tipo de análise/Analysis type

→ Para/To

→ Cliente/Customer

→ N° de peça do produto/Part number product

→ N° de série/Serial number

→ Data reclamação/Claim date

→ N° de processo IQIS-QIS/IQIS-QIS process number

Field

Ribeiro Paulo (BrgP/QMM9)

VW

7612.032.082

6312347

12.10.2010

230003181391

Reclamação do cliente/Customer claim

CD noch im Geraet.

Reclamação do laboratório/Lab claim

Not turning on correctly.

Descrição da análise/Analysis description

→ Visual investigation

→ Investigation on room temperature

→ Investigation on low temperature (-20°C)

→ Investigation on high temperature (+80°C)

→ Assembly process result (Monitoring process)

OK

NOK

-

-


-

Detalhe / Detail:

After incoming, the unit was submitted to external visual inspection and no damage was detected. As the unit is turned on, it blinks one time blue screen and shut down it self. EM-Trace recovered from the device shows errors ins start up defined by the ARION Processor. It was made the cross test to the Processor OMAP594BZXf (position D5700) and the problem found followed the component. An new component was installed in the original claimed unit, and this one makes the device to work correctly.

Part. Numb. 8928908899  
 Supplier: Texas Instruments  
 Sup. Numb. 655054

Fotos/Photos - Anexo(s)/Attachment(s)

  
 Field Claim VW - n°6312347 - E...

Observações/Comments

Product GOFs

Produkt	Serial no.	Modul	Name	Line/Station	VTP	State	D
7612032082	6312347	NONE	VWLLNF_UP2	M2CG/NGRV_0001	NGRV	Good	01
				M2CG/M2CG_MERG_01	ME_CH_MP	Good	01
				M2CG/AOIF_0060	AOIF	Good	01
				M2CG/M2CG_CT21_06	CT21	Good	01
				M2CG/BURN_0062	BURN	Good	01
				M2CG/M2CG_DIAG_01	DIAG	Good	01
				M2CG/M2CG_CT22_05	CT22	Good	01
				M2CG/M2CG_PCKG_01	LAB50	Good	01
				M2CG/M2CG_PDI_01	PDIT	Good	01
				M2CG/M2CG_AOIR_01	AOIR	Good	01
				M2CG/M2CG_PCKG_01	PCKG	Good	01



BOSCH
BrgP/QMM1-Lab

Figura 35 – Exemplo do *template* de *e-mail* com a descrição da análise




<p><b>Field Claim VW nr. 6312347 - Elektrische Fehler</b></p> <h3>External Visual Analysis</h3> <p>After incoming, the unit was submitted to external visual inspection and no damage was detected.</p>   <p><small>810 7 812 032 082 3CO 035 270 8 VW21 2XAS11347 Made in Portugal</small></p>	<p><b>Field Claim VW nr. 6312347 - Elektrische Fehler</b></p> <h3>Functional Analysis</h3> <p>As the unit is turned on, it blinks one time blue screen and shut down it self.</p> <h3>EM-Trace</h3> <p>EM-Trace recovered from the device shows errors ins start up defined by the ARION Processor.</p> <pre> +aparamountbus-09-Entry: 0x0211 Type: Normal +09-09-10 13:30:47 UTC+ - 1099-1099 -&gt; ARION Processor: Watching Reset detected -&gt; +aparamountbus-09-Entry: 0x0211 Type: Normal +09-10-10 14:41:33 UTC+ - 1099-1099 -&gt; ARION Processor: Watching Reset detected -&gt; +aparamountbus-09-Entry: 0x0211 Type: Normal +09-10-10 17:39:47 UTC+ - 1099-1099 -&gt; ARION Processor: Watching Reset detected -&gt; +aparamountbus-09-Entry: 0x0211 Type: Normal +09-10-10 20:47:43 UTC+ - 1099-1099 -&gt; ARION Processor: Watching Reset detected -&gt; </pre>
<p><b>Field Claim VW nr. 6312347 - Elektrische Fehler</b></p> <h3>Cross Test</h3> <p>It was made the cross test to the Processor OMAP594BZXCF (position D5700) and the problem found followed the component.</p> <p>An new component was installed in the original claimed unit, and this one makes the device to work correctly.</p>  <p>Part. Numb. 8928908899 Supplier: Texas Instruments Sup. Numb. 655054</p>	

Figura 36 – Exemplo de apresentação em *PowerPoint*



## **ANEXO B**

### Medição do desempenho do processo



De modo a complementar o estudo sobre o cumprimento dos prazos da análise, através dos dados recolhidos do GILA foi realizada uma análise estatística complementar no MINITAB. Na Figura 37 é apresentada uma distribuição das quantidades de aparelhos 0km e de campo analisados pela duração da análise.

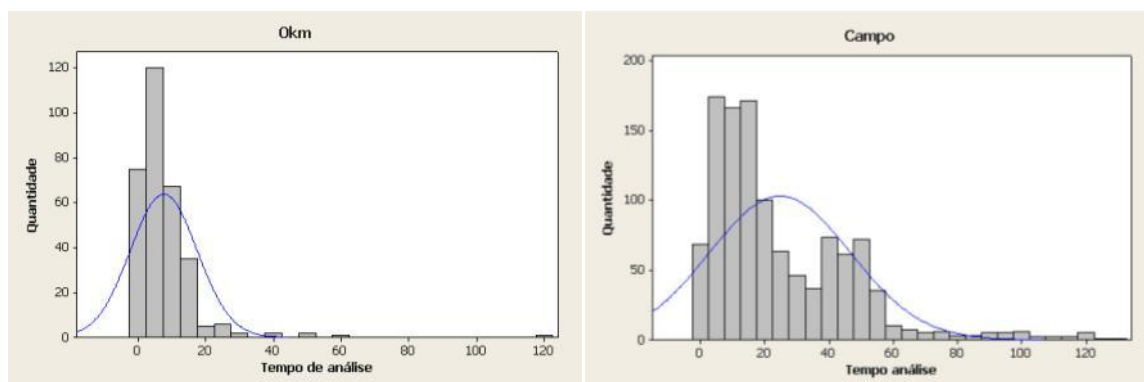


Figura 37 – Quantidade de aparelhos 0km e campo analisados

Como foi referido anteriormente a amostra foi de 316 aparelhos 0km e 1129 aparelhos de campo. Nos aparelhos 0km, o tempo de análise médio foi de 7,67 dias enquanto nos de campo a média do tempo de análise foi de 24,72 dias. Na Figura 38 encontra-se representado o tempo de análise dos aparelhos 0km e de campo.

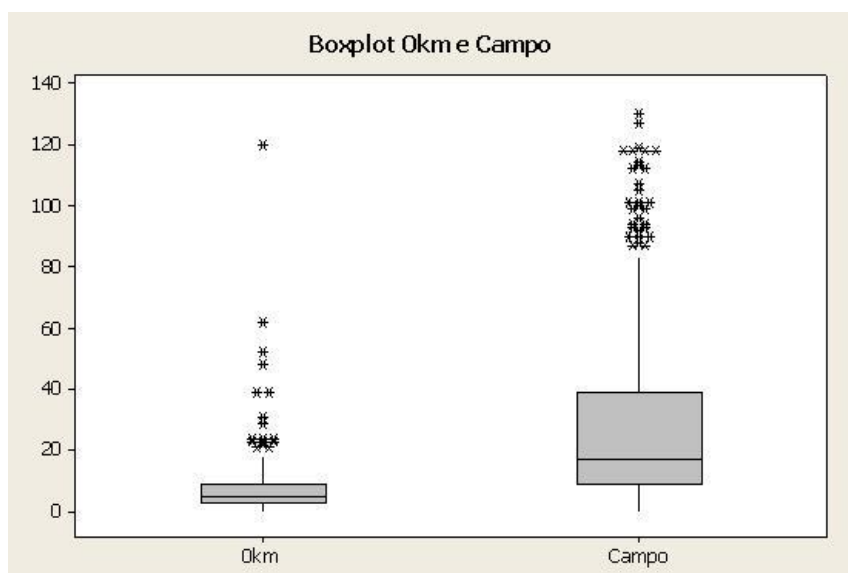


Figura 38 – Boxplot dos aparelhos 0km e campo

Pela análise da figura anterior verifica-se que a "caixa" é mais estreita no caso dos 0km o que significa que não há tanta variação no tempo de análise. No caso dos 0km o Q1 é 3 e o Q3 9, o que representa que 50% dos aparelhos são analisados entre esse intervalo de

dias enquanto nos aparelhos de campo 50% dos aparelhos são analisados entre 9 e 39 dias. O tempo máximo de análise foi de 120 dias para os 0km e 130 dias para os de campo. O diagrama *Boxplot* dos aparelhos 0km CR/DI e campo CR/DI encontram-se na Figura 39.

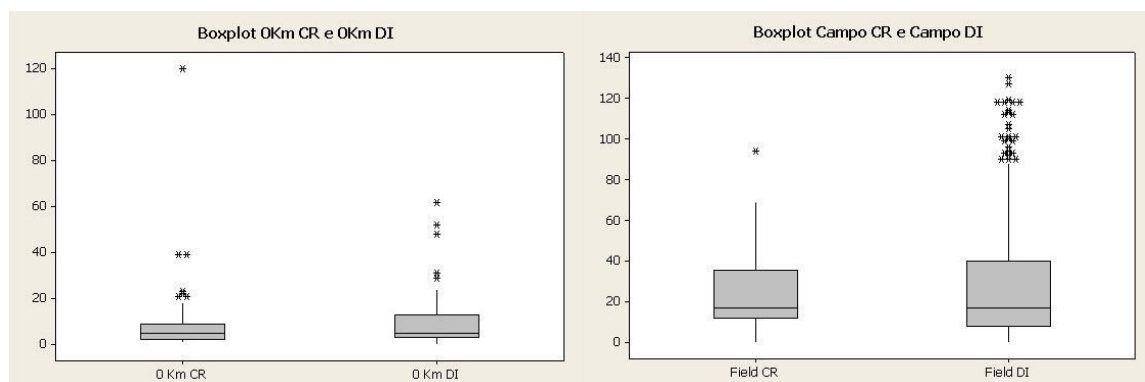


Figura 39 – *Boxplot* dos aparelhos 0km CR/DI e campo CR/DI

Pela comparação dos dados do 0km global (Figura 38) e 0km CR/DI (Figura 39) verifica-se que existe uma variação, no global 50% dos aparelhos são analisados entre 3 e 9 dias mas nos CR, esse valor situa-se entre os 2,25 e os 8,75 dias e nos DI entre os 3 e os 13 dias. No caso dos aparelhos de campo CR 50% dos aparelhos são analisados entre os 12 e 35 dias enquanto nos DI esse valor situa-se entre os 8 e 40 dias. O tempo máximo de análise foi de 94 e 130 dias para os CR e DI, respetivamente. Na Figura 40 e Figura 41 são apresentadas análises estatísticas globais aos aparelhos CR e DI 0km.

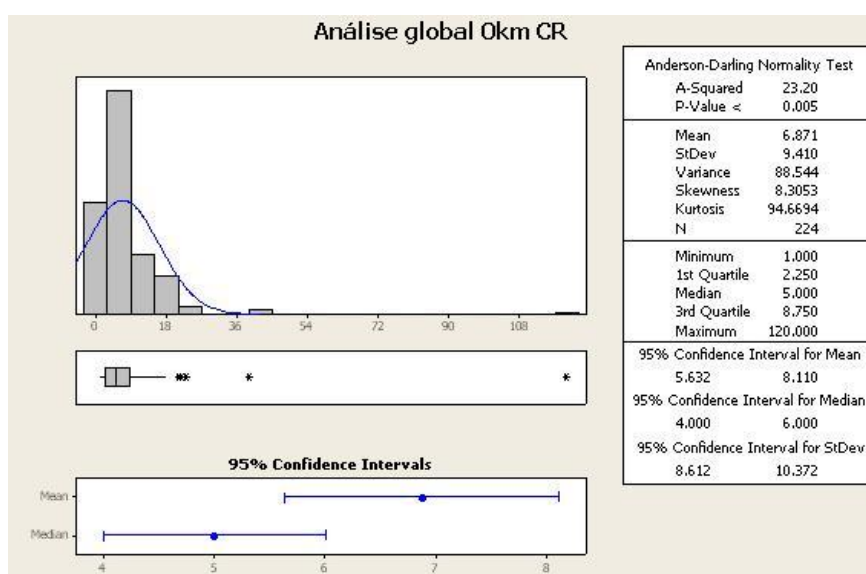


Figura 40 – Análise global dos aparelhos 0km CR

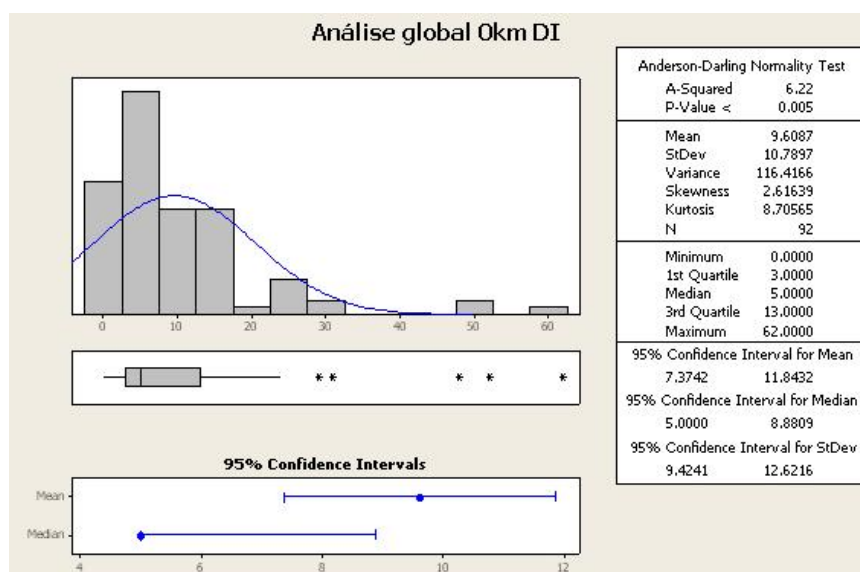


Figura 41 – Análise global dos aparelhos 0km DI

Pela Figura 40 verifica-se que nos CR 0km o tempo médio de análise foi de 6,87 dias e nos aparelhos DI foi de 9,61 dias (Figura 41). O tempo médio de análise dos CR é inferior ao global (7,67 dias) e ao tempo de análise dos DI além de apresentar um desvio padrão inferior.

Na Figura 42 e Figura 43 são apresentadas o mesmo tipo de análises estatísticas para os aparelhos CR e DI de campo.

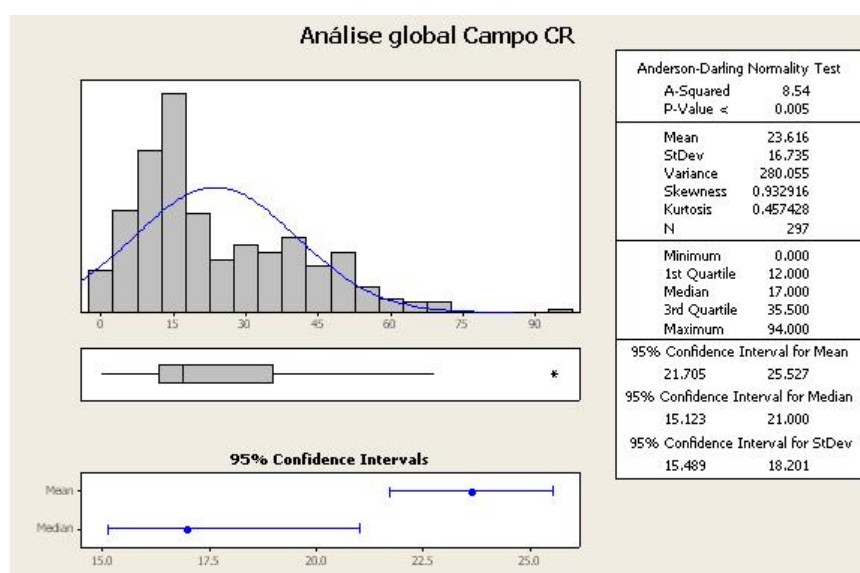


Figura 42 – Análise global dos aparelhos campo CR

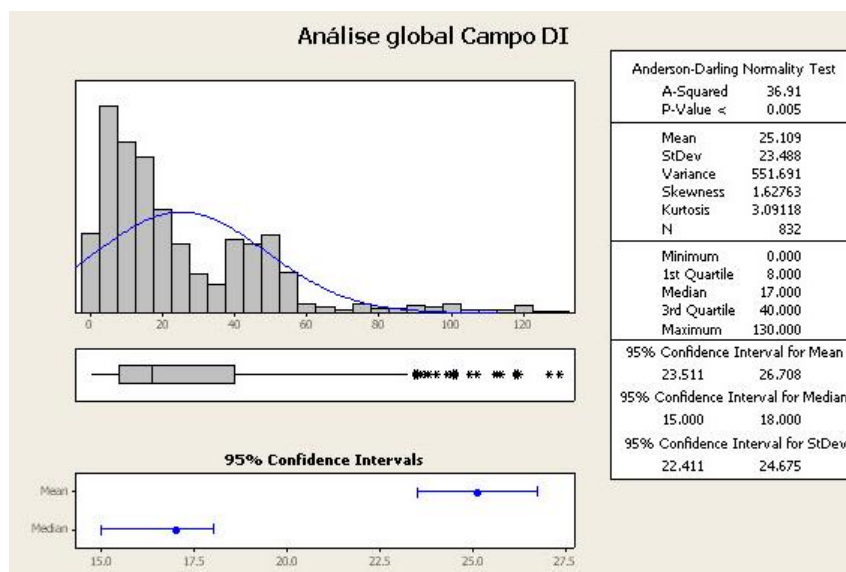


Figura 43 – Análise global dos aparelhos campo DI

Os aparelhos de campo tem um comportamento semelhante aos do 0km, o tempo médio de análise dos DI (25,11 dias – Figura 42) também é superior ao dos CR (23,62 dias – Figura 43) e ao global (24,72 dias). Os aparelhos CR tem uma variação no tempo médio de análise de  $\pm 16,74$  dias enquanto nos DI essa variação é de  $\pm 23,49$  dias.

O tempo médio de análise em função da responsabilidade do defeito nos dispositivos 0km e campo é apresentado na Figura 44.

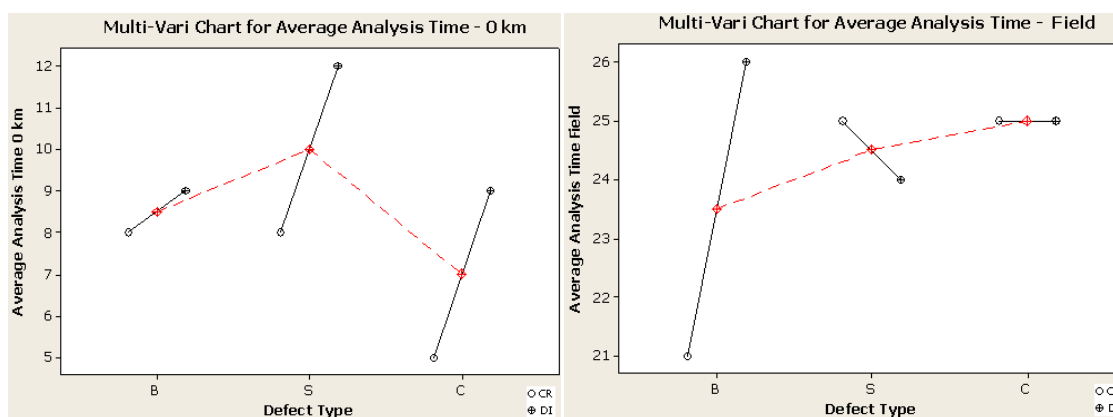


Figura 44 – Tempo médio de análise em função da responsabilidade do defeito

Pela análise da figura anterior verifica-se que nos 0km independentemente da responsabilidade do defeito os aparelhos DI têm um tempo de análise superior aos CR, pelo contrário no campo os aparelhos DI com responsabilidade B e os aparelhos CR com responsabilidade S têm um tempo de análise superior e na responsabilidade C não existe variação significativa.

De um modo global, nos Okm os aparelhos com um tempo de análise mais demorado são os de responsabilidade S (10 dias) e os de responsabilidade C os que têm a análise mais célere (7 dias). No campo os aparelhos com responsabilidade B (23,5 dias) são os mais rápidos a analisar e os de responsabilidade do Cliente os mais extensos (25 dias)

.

## **ANEXO C**

### Template de recolha de dados

O *template* do diagrama de fluxo do processo é apresentado na Figura 45.

[illegible]

Figura 45 – *Template* do diagrama de fluxo do processo

Na Figura 46 é apresentado o *template* da identificação do processo.


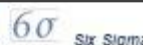
 <b>BOSCH</b> IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO		 <b>6σ</b> Six Sigma
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>		
Entrevistado		
Função / Cargo		
Departamento / Área		
Data da entrevista		
Entrevistador(es)		
<b>GERAL</b>		
Nome do processo		
Em que consiste?		
<b>PASSO-A-PASSO</b>		
(Indicar principais sub-processos, áreas da empresa onde se encontram)		
<b>AMBIENTE</b>		
Em que ambiente é executado o Processo?		
Principais Tecnologias que suportam o processo?		
<b>DEFICIÊNCIAS</b>		
Quais as principais deficiências do processo?		
O que poderia ser feito para superar tais deficiências?		
<b>DOCUMENTAÇÃO</b>		
O processo é documentado?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/>	
A documentação está atualizada?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/>	
Documentos / Relatórios usados		
<b>CLIENTE DO PROCESSO</b>		
Tipo de Cliente	Interno <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/> Nome/ Designação:	
Como o Cliente avalia o processo?	Satisfeito <input type="checkbox"/> Insatisfeito <input type="checkbox"/> Parcialmente Satisfeito <input type="checkbox"/>	
Detalhe da opinião do cliente		
<b>OBSERVAÇÕES FINAIS</b>		

Figura 46 – *Template* da identificação do processo





## **ANEXO D**

### **Medição do desempenho do processo após implementação de melhorias**

Após a implementação da primeira fase de melhorias voltou-se a medir o desempenho do processo de modo a verificar a eficácia das mesmas. Os dados da nova medição dizem respeito aos aparelhos analisados entre 1 de agosto de 2011 e 30 de setembro de 2011.

A distribuição da quantidade de aparelhos analisados em função da duração da análise é apresentada na Figura 47.

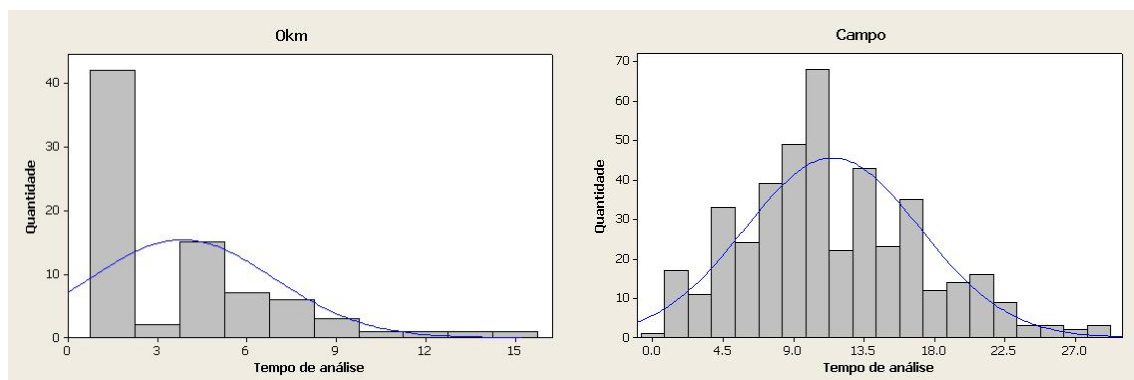


Figura 47 – Quantidade de aparelhos 0km e campo analisados após a implementação da primeira fase de melhorias

Comparando os dados antes (Figura 37 – Anexo B) e após (Figura 47) a implementação da primeira fase de melhorias verifica-se que em ambos os casos (0km e campo) o tempo médio de análise diminuiu bem como a respetiva variabilidade. Nos aparelhos 0km o tempo médio de análise reduziu para os 3,82 dias com um desvio padrão de 3,06 dias e nos aparelhos de campo o tempo médio diminuiu para os 11,48 dias com um desvio padrão de 5,61 dias. A amostra considerada foi de 79 aparelhos 0km e 427 aparelhos de campo.

Na Figura 48 é apresentando o *Boxplot* de 0km e campo após implementação da primeira fase de melhorias.

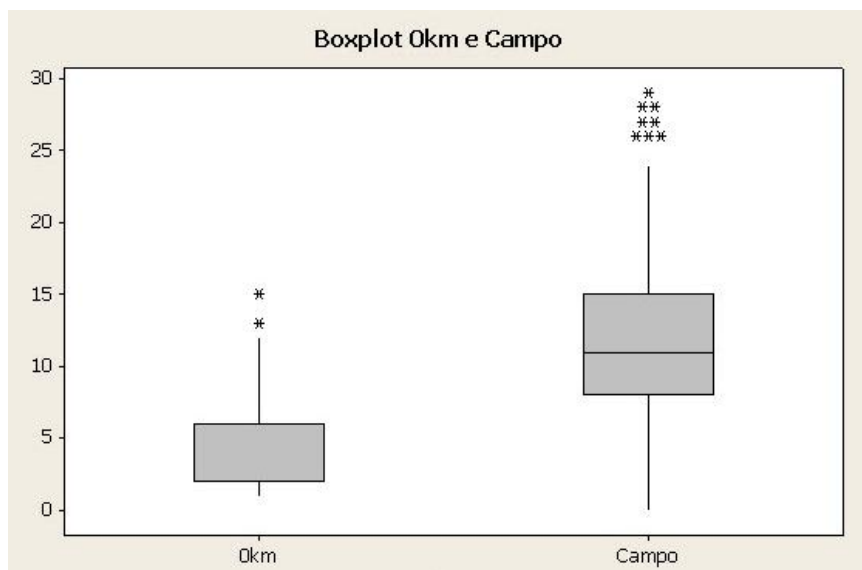


Figura 48 – *Boxplot* de 0km e campo após implementação da primeira fase de melhorias

Comparando a figura anterior com a Figura 38 verifica-se que um dos objetivos do trabalho foi atingido, conseguiu-se reduzir a variação do tempo de análise dos aparelhos.

Os diagramas *Boxplot* do tempo de análise para os aparelhos 0km (CR e DI) e campo (CR e DI) encontram-se na Figura 49.

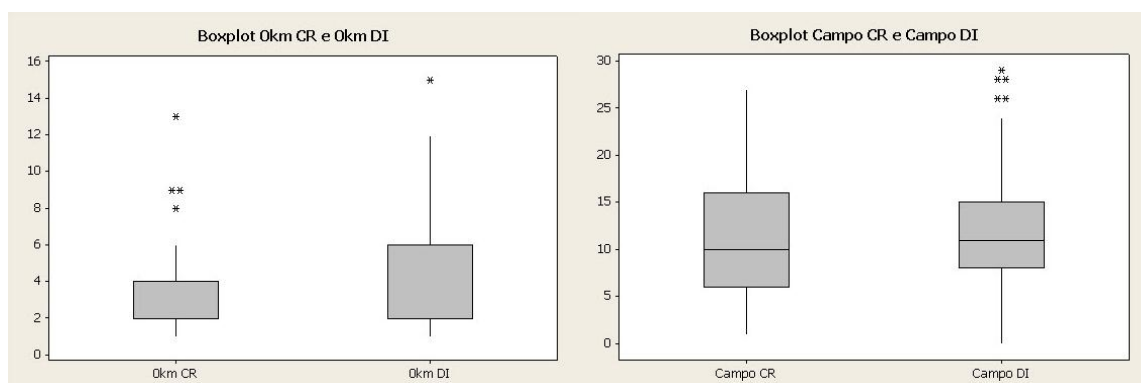


Figura 49 – *Boxplot* de 0km CR/DI e campo CR/DI após implementação da primeira fase de melhorias

Pela análise da figura anterior é possível concluir que no caso dos aparelhos 0km os de tipo DI apresentam maior variabilidade, em relação ao tempo de análise, do que os CR mas no caso dos aparelhos de campo verifica-se o inverso, os aparelhos de tipo CR apresentam maior variabilidade apesar de terem um tempo médio de análise inferior.

Na Figura 50 e Figura 51 são apresentadas análises estatísticas globais aos aparelhos CR e DI 0km.

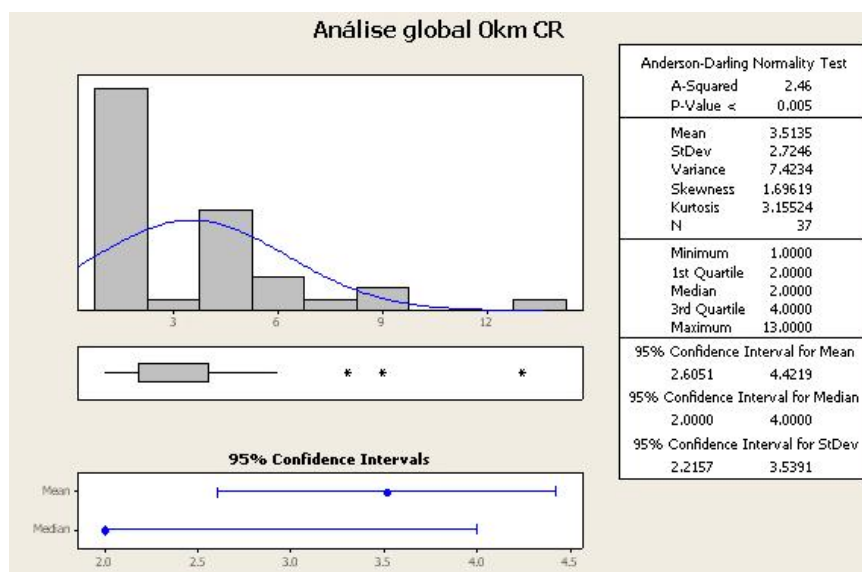


Figura 50 – Análise global aos aparelhos 0km CR

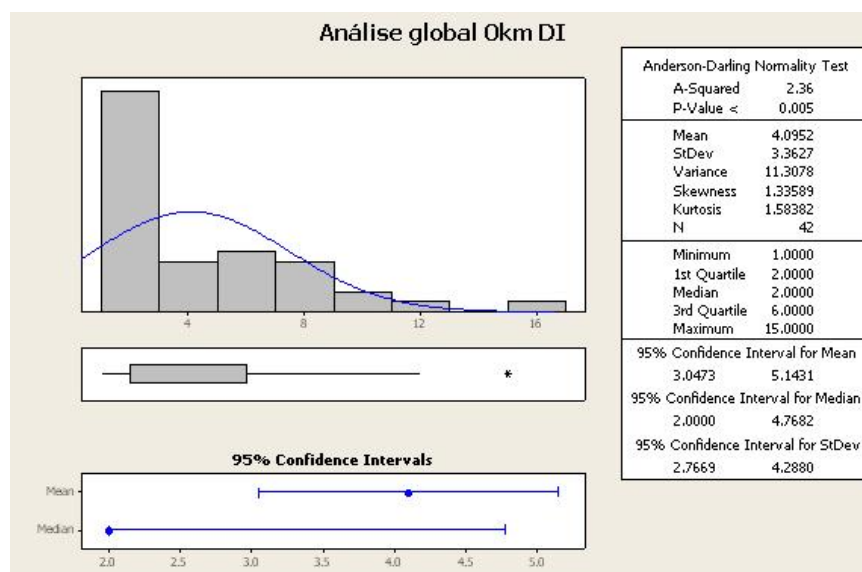


Figura 51 – Análise global aos aparelhos 0km DI

Após a implementação da primeira fase de melhorias, nos aparelhos 0km CR o tempo médio de análise reduziu dos 6,87 dias para os 3,51 dias e a variabilidade do processo dos 9,41 para os 2,72 dias. Nos aparelhos 0km DI o tempo médio de análise também diminuiu ( $\bar{X}_{actual} = 4,10 < \bar{X}_{inicial} = 9,60$ ) e o processo encontra-se mais estável ( $\sigma_{actual} = 3,36 < \sigma_{inicial} = 10,79$ ).

Para os aparelhos de campo são apresentadas análises semelhantes na Figura 52 e Figura 53.

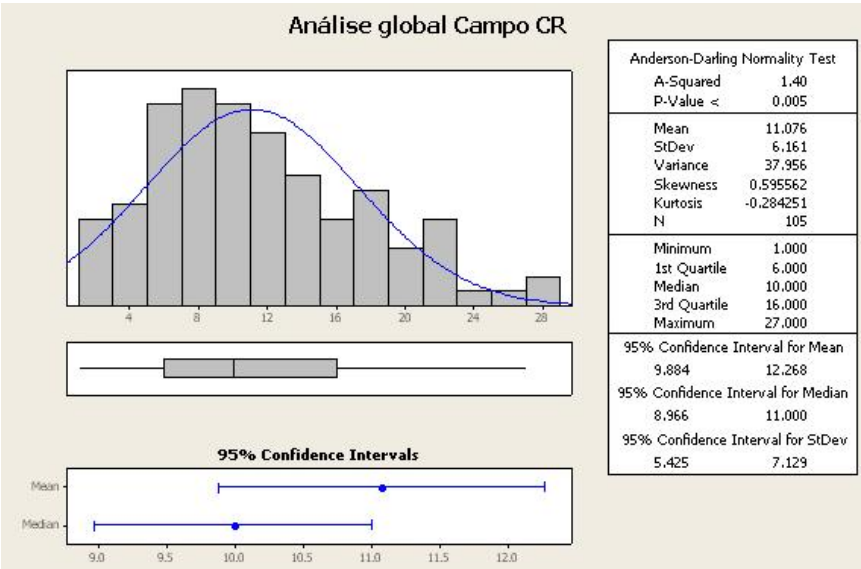


Figura 52 – Análise global aos aparelhos campo CR

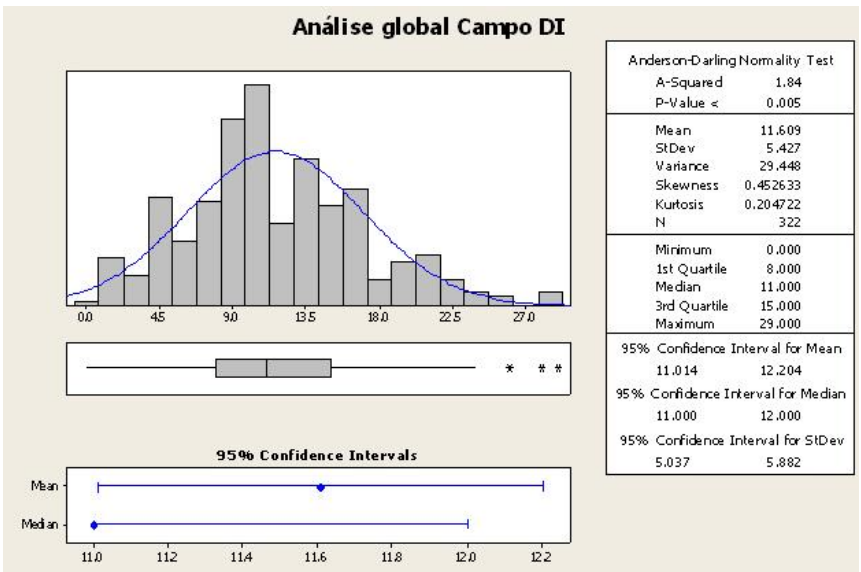


Figura 53 – Análise global aos aparelhos campo DI

Tal como nos aparelhos 0km as melhorias implementadas também tiveram influência no tempo médio de análise e na variabilidade dos aparelhos provenientes do campo. Quer nos CR (11,08 dias) e nos DI (11,61 dias) o tempo médio de análise é inferior ao prazo estabelecido (15 dias). Em relação ao desvio padrão ambos os processos tiveram uma redução drástica, passaram dos 16,74 dias para os 6,16 dias nos CR e dos 23,49 dias para os 5,43 dias nos DI.